„Вся природа“.

Жизнь природы.

„Вся природа“.

Въ эту серію входятъ слѣдующія сочиненія:

Міроздание — д-ра **Вильгельма Мейера.**
Исторія земли — проф. **М. Неймайра.**
Происхожденіе животнаго міра — проф. **И. Гааке.**
Жизнь животныхъ — **Брэма.**
Жизнь растеній — проф. **Кернера фонъ-Марилауна.**
Человѣкъ — **І. Ранке.**
Народовѣдѣніе — **Фридриха Ратцеля.**
Жизнь природы — д-ра **Вильгельма Мейера.**

Полный переводъ съ нѣмецк., подъ редакціей и съ дополненіями проф. **И. П. Бородина, Ю. Н. Вагнера, Н. А. Гезехуса, С. П. Глазенапа, А. С. Догеля, А. А. Иностранцева, Д. А. Коропчевскаго, П. Ф. Лесгафта.**

8 отдѣловъ въ 231 выпускахъ или 14 томовъ; 11600 страницъ, 8500 рисунковъ въ текстѣ, 215 хромолитографій, 30 картъ въ краскахъ, 165 геліогравюръ и рѣзаныхъ на деревѣ гравюръ.

С.-Петербургъ.
Книгоиздательское Т-во „Просвѣщеніе“, 7 рота, соб. д. № 20;
городская контора: Невскій, 50.

Жизнь природы.

Картина физическихъ и химическихъ явленій.

Сочиненіе д-ра **Вильгельма Мейера,**
бывшаго директора общества „Urania“ въ Берлинѣ.

Переводъ съ нѣмецкаго **А. Р. Кулишера,**

подъ редакціей профессора **Н. А. Гезехуса.**

---

520 рисунковъ и чертежей въ текстѣ, 29 отдѣльныхъ приложеній (гравюръ на деревѣ, автотипій и хромолитографій).

С.-Петербургъ.
Типо-литографія Книгоиздательскаго Т-ва „Просвѣщеніе,
7 рота, 20.

Дозволено цензурою. С.-Петербургъ, 16 іюля 1905.



Предисловіе автора.

Настоящее сочиненіе въ подзаголовкѣ названо „Міровой картиной физическихъ и химическихъ явленій“. Изъ этого названія видно, что наша книга представляетъ собой не учебникъ физики и химіи, а опытъ разсмотрѣнія сказанныхъ группъ явленій съ точки зрѣнія внутренней связи между всѣми дѣйствіями природы, — съ точки зрѣнія того великаго единства силъ природы, раскрытіе котораго является конечной цѣлью всякаго изслѣдованія. Поэтому наше сочиненіе, съ одной стороны, даетъ читателю меньше, нежели обыкновенный учебникъ, съ другой же стороны — больше. Оно даетъ меньше, нежели учебникъ, по той причинѣ, что изъ огромнаго матеріала, входящаго въ разсматриваемую нами область, пришлось выпустить тѣ подробности, которыя, не имѣя съ принятой нами точки зрѣнія особаго значенія, могли затемнить изложеніе; оно даетъ больше потому, что вмѣсто однѣхъ подробностей, безъ которыхъ учебникъ не можетъ быть признанъ достаточно полнымъ, тутъ введены другія, дающія извѣстныя указанія относительно природы разсматриваемыхъ явленій и такимъ образомъ служащія доказательствомъ устанавливаемаго нами факта существованія единства силъ природы.

Итакъ, наше сочиненіе представляетъ собой не лишенный связи наборъ фактовъ, а самостоятельное цѣлое и, чтобы понять его правильно, необходимо прочесть его и овладѣть имъ сполна. Если-бъ изложеніе каждой отдѣльной главы и оказалось вполнѣ яснымъ, одного знакомства съ отдѣльными главами было бы тѣмъ не менѣе недостаточно для составленія правильнаго взгляда на сущность разсматриваемыхъ явленій и на взаимную связь ихъ. Но вслѣдствіе большого количества отдѣльныхъ явленій, безъ разсмотрѣнія которыхъ нельзя обойтись, легко можетъ случиться то, что и при расположеніи ихъ по принятому нами плану, отъ читателя ускользнетъ идея, проходящая красной нитью черезъ все сочиненіе, идея, связывающая всѣ отдѣльныя его части. Въ виду этого, въ третьей части сочиненія, озаглавленной „Послѣдовательность явленій природы“, еще разъ сведены въ одно цѣлое всѣ явленія природы; разсматриваемыя тутъ съ точки зрѣнія единства силъ природы отдѣльныя явленія, уже изложенныя въ предшествовавшихъ частяхъ сочиненія, сводятся здѣсь въ одну широкую настоящую „картину“. Читатель, знакомый съ предметомъ, можетъ поэтому ограничиться чтеніемъ только этой

послѣдней части; въ тѣхъ же случаяхъ, когда онъ наткнется на какое-либо сомнѣніе или на не вполнѣ ясное мѣсто, пользуясь разбросанными всюду ссылками, онъ всегда будетъ имѣть возможность обратиться къ соотвѣтственнымъ главамъ, гдѣ тотъ же вопросъ разобранъ уже съ большей подробностью.

При выполненіи авторомъ его задачи,—при установленіи наличности единства въ строѣ природы, — для него, какъ для астронома, представлялось особенно заманчивымъ подыскивать всюду параллели между системами великихъ небесныхъ свѣтилъ и выясняющимся теперь все болѣе и болѣе строеніемъ молекулярныхъ системъ, между ихъ движеніями, ихъ взаимодѣйствіями. Благодаря этому, картина должна была только выиграть въ величественности и глубинѣ.

При постановкѣ такого рода задачи, естественно, достаточно мѣста должно было быть отведено гипотезамъ. Сущность силъ природы до сихъ поръ не перестаетъ быть тайной; всѣ относящіяся къ этой области соображенія, несмотря на научность ихъ формы и замысловатость выражающихъ ихъ интеграловъ, носятъ характеръ гипотетическій. Вся современная наука оперируетъ съ понятіемъ объ атомѣ, хотя существованіе атомовъ совершенно не доказано. Какъ разъ теперь, въ самое послѣднее время, ученѣйшіе спеціалисты начинаютъ высказываться противъ атомистической гипотезы: во всякомъ случаѣ они склонны признавать міровой эѳиръ, обусловливающій и передающій явленія лучистой теплоты, а также явленія свѣтовыя и электрическія, — за вещество непрерывное, то есть за единственную дѣйствительно сплошную и упругую матерію, уже не распадающуюся на отдѣльные атомы. Цѣлый рядъ удивительныхъ открытій нашего времени, напримѣръ, открытіе новыхъ родовъ лучей, расшаталъ съ одной стороны, основы нашихъ воззрѣній на внутреннее строеніе матеріи, съ другой же стороны, раскрылъ предъ нами возможность многихъ новыхъ точекъ зрѣнія, поразительнымъ образомъ подкрѣпляющихъ и уясняющихъ прежнія, уже извѣстныя, представленія объ единствѣ въ міровомъ бытіи. Именно теперь, когда старыя представленія о сущности силъ природы начинаютъ претерпѣвать измѣненія, стремясь вылиться въ новыя формы, выясненіе происхожденія явленій природы въ формѣ одной цѣлостной картины, опирающееся на возможно маломъ числѣ предположеній, представляется весьма благодарной задачей даже въ томъ случаѣ, еслибъ къ этимъ основнымъ гипотезамъ для обрисовки деталей пришлось прибавить еще нѣсколько другихъ допущеній. Во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, гдѣ автору приходилось пользоваться гипотезами, онъ неизмѣнно указывалъ на гипотетическій характеръ этихъ соображеній. Авторъ больше всего стремился къ тому, чтобы личныя его соображенія, которыя разсѣяны по разнымъ мѣстамъ сочиненія, были достаточно обоснованы при помощи приведенныхъ уже раньше фактовъ, что въ популярномъ трудѣ далеко не всегда могло удаться. Ихъ пришлось вводить въ изложеніе для заполненія пробѣловъ въ задуманной нами картинѣ, въ видахъ ея цѣлостности.

Вслѣдствіе этого, для правильнаго сужденія о книгѣ, необходимо еще упомянуть о томъ, что въ объясненіяхъ нѣкоторыхъ группъ явленій для

большей понятности допущены упрощенія, не вполнѣ согласныя съ дѣйствительнымъ положеніемъ вещей. Еслибъ въ соотвѣтственныхъ мѣстахъ каждый разъ не было бы указано, что то или другое объясненіе относится къ области предположеній, непосвященный читатель могъ бы подумать, что нами чрезвычайно просто разрѣшены всѣ тѣ вопросы, которые еще ждутъ своего рѣшенія. Сюда относится, напримѣръ, вопросъ о сущности тяготѣнія, который въ нашемъ сочиненіи, повидимому, вполнѣ разъясненъ при помощи допущенія о существованіи прямолинейныхъ поступательныхъ движеній эѳирныхъ атомовъ; на самомъ же дѣлѣ, отправляясь отъ этого объясненія, при болѣе глубокомъ изученіи свойствъ матеріи, мы наталкиваемся на большія затрудненія. Въ вопросѣ о природѣ явленій удѣлить мѣсто разсмотрѣнію мнѣній отдѣльныхъ ученыхъ мы нашли совершенно невозможнымъ въ виду рамокъ нашего сочиненія.

Далѣе, для выясненія характера книги, слѣдуетъ еще указать, что въ изложеніи различныхъ воззрѣній и понятій мы придерживались, насколько было возможно, такого порядка: сначала описывали извѣстную группу явленій и только описывали, а затѣмъ уже дѣлали первую попытку объясненія ихъ наиболѣе простымъ образомъ съ тѣмъ, чтобы потомъ, по мѣрѣ накопленія фактовъ, въ нѣкоторыхъ случаяхъ внести въ такія предварительныя объясненія соотвѣтственныя измѣненія. Такъ, напримѣръ, читатель, дошедшій только до середины главы о свѣтѣ, могъ бы подумать, что авторъ — сторонникъ устарѣлой эмиссіонной теоріи: необходимость предположенія о волновыхъ колебаніяхъ свѣтового эѳира станетъ для читателя вполнѣ ясной лишь послѣ ознакомленія съ явленіями интерференціи. Этотъ способъ изложенія авторъ считаетъ, съ педагогической точки зрѣнія, болѣе плодотворнымъ, нежели простое догматическое изложеніе одного опредѣленнаго воззрѣнія. Въ виду этого, надѣемся, насъ не осудятъ и за систему расположенія неорганическихъ соединеній, систему, которая теперь устарѣла; позже, ознакомившись съ соединеніями органическими, мы разсмотримъ съ новой точки зрѣнія и первую группу тѣлъ. Мы хотѣли, чтобы въ этой книгѣ изложеніе явленій природы раскрывалось предъ читателемъ, подобно самимъ явленіямъ природы, — шагъ за шагомъ, постепенно.

Весь характеръ этой книги говоритъ за то, что библіотечной пыли въ ней будетъ чувствоваться не много. Мы не задавались цѣлью сообщить въ сжатой формѣ все, что до сихъ поръ извѣстно о свойствахъ матеріи. Мы не хотѣли дать ни учебника, ни справочной книги, хотя, само собой разумѣется, фактическій матеріалъ долженъ былъ быть изложенъ со всей возможной степенью точности. Чтобы выполнить эту задачу, автору не оставалось ничего другого, какъ положиться на руководство признанныхъ авторитетовъ. Такимъ образомъ, при изложеніи физическихъ явленій онъ пользовался „Экспериментальной физикой“ Рикке (Riecke, „Experimentalphysik“), а въ области новѣйшихъ химическихъ изслѣдованій „Теоретической химіей“ Нернста. Большая часть фактовъ, добытыхъ въ этихъ областяхъ современными намъ учеными (и только этихъ фактовъ), находящихся въ нашемъ сочиненіи, равно какъ и многочисленныя числовыя данныя, взяты нами изъ указанныхъ только

что книгъ, пользующихся въ кругахъ спеціалистовъ безусловнымъ признаніемъ. Не надо добавлять, что мы пользовались также цѣлымъ рядомъ другихъ источниковъ.

Тѣмъ не менѣе, для большей увѣренности въ томъ, что въ изложеніе фактовъ и наблюденій не вкралось сколько-нибудь значительныхъ ошибокъ (въ наше время, при обиліи научныхъ фактовъ, дѣйствительно овладѣть хотя бы одной узкой областью можетъ только спеціалистъ), авторъ обратился къ нѣкоторымъ выдающимся ученымъ, знатокамъ извѣстныхъ областей, съ просьбой просмотрѣть въ рукописи отдѣльныя главы настоящаго сочиненія. Авторъ приноситъ свою глубокую благодарность слѣдующимъ лицамъ. Профессоръ Эдуардъ Рикке любезно просмотрѣлъ главы о теплотѣ и электричествѣ и далъ цѣнныя указанія относительно необходимыхъ исправленій. Глава о новыхъ лучахъ была провѣрена профессоромъ Е. Гольдштейномъ, который обязательно предоставилъ свою лабораторію для исполненія по оригинальнымъ гольдштейновскимъ трубкамъ превосходно удавшейся цвѣтной таблицы, изображающей явленія въ катодныхъ лучахъ и т. п. Глава теоретической химіи читана профессорами І. Траубе и Г. Ландольтомъ. Кромѣ того, д-ръ Л. фонъ-Ортъ пересмотрѣлъ главу объ электричествѣ съ точки зрѣнія электротехники, а д-ръ Р. Блохманъ взялъ на себя большой трудъ перечесть всю рукопись и исправить вкравшіяся описки. Особенную же благодарность авторъ долженъ высказать Библіографическому Институту, издателямъ, которые, не щадя затратъ, не только придали книгѣ солидную и роскошную внѣшность, но своей многосторонней опытностью въ значительной мѣрѣ облегчили работу по распредѣленію ея содержанія.

Шарлоттенбургъ.

Д-ръ М. Вильгельмъ Мейеръ.

Предисловіе редактора русскаго изданія.

Авторъ, докторъ В. Мейеръ, въ предисловіи отлично объясняетъ значеніе своей книги „Die Naturkräfte“, которая въ переводѣ озаглавлена „Жизнь Природы“, въ отличіе отъ другой книги, изданной Товариществомъ „Просвѣщеніе“, подъ названіемъ „Силы Природы“, — проф. Грунмаха и инж. Розенбоома (изъ серіи „Промышленность и техника“). Прекрасно, широкими штрихами нарисованная авторомъ величественная „картина“ жизни природы, навѣрное, заинтересуетъ русскаго образованнаго читателя. Главный интересъ этой картины заключается въ „точкѣ зрѣнія великаго единства силъ природы“, съ которой представляется совокупность безконечно разнообразныхъ явленій природы, какъ нѣчто неразрывно цѣлое. Поэтому нѣкоторыя частности, касающіяся преимущественно математическихъ формулъ, остаются какъ бы въ тѣни и могутъ показаться не совсѣмъ понятными или не вполнѣ обоснованными. Формулы приводятся здѣсь только для удостовѣренія, что излагаемый вопросъ уже вполнѣ разработанъ теоретически. Понятно, что такія упущенія неизбѣжны и необходимы въ сочиненіи, цѣль котораго состоитъ не въ разработкѣ деталей, а въ разсмотрѣніи изучаемаго предмета съ одной общей точки зрѣнія, какъ нѣчто цѣлое.

С.-Петербургъ.

Н. Гезехусъ.

Оглавленіе.

Третья часть.

Послѣдовательность явленій природы.

Списокъ иллюстрацій.

Хромолитографіи.

Гравюры и автотипіи.

Рисунки въ текстѣ.

Жизнь природы.

Введенie.

I. Обзоръ и разграниченie области изучаемыхъ явленiй.

Всѣ движенiя тѣлъ, всѣ измѣненiя въ ихъ состоянiи, происходящiя въ природѣ мертвой и живой, могутъ быть вызваны, насколько мы въ состоянiи себѣ это представить, только силами, заключенными внутри тѣлъ или дѣйствующими на нихъ снаружи. На самомъ дѣлѣ ни одно состоянiе ни на одно мгновенiе не остается неизмѣннымъ,—этому учитъ насъ весь нашъ опытъ; а слѣдовательно и состоянiе всего мiра въ данное мгновенiе, его прошлое, его будущее, словомъ все, что входитъ въ кругъ нашего знанiя, строго говоря, есть результатъ дѣйствiя силъ природы. Въ нашей книгѣ этотъ вопросъ и послужитъ намъ предметомъ изученiя.

Ограниченность нашей познавательной способности уже сама по себѣ не позволяетъ намъ разсматривать и описывать всѣ разнообразныя и тѣсно переплетающiяся другъ съ другомъ движенiя, какъ нѣчто цѣлое. Мы вынуждены разбить ихъ на нѣсколько категорiй, изслѣдовать каждую особо и тогда уже по отдѣльнымъ результатамъ возсоздать картину природы въ ея цѣлостности, въ томъ видѣ, въ какомъ она рисуется нашему взору. Мы не должны забывать ни на минуту, что это расчлененiе силъ природы сдѣлано нами изъ соображенiй чисто внѣшнихъ, практическихъ, сдѣлано на время, до тѣхъ поръ, пока мы не прiобрѣтемъ познанiй, достаточныхъ для того, чтобы судить, въ какой мѣрѣ эти разнообразныя явленiя вызваны на самомъ дѣлѣ разными по существу дѣйствiями природы. Нельзя сказать напередъ, что тяготѣнiе, свѣтъ, теплота, электричество, раздраженiе нервовъ и умственная работа отличны другъ отъ друга по своей природѣ. Сперва мы разсматриваемъ эти дѣйствiя отдѣльно одно отъ другого, но въ концѣ концовъ, когда мы до извѣстной степени уже уяснимъ себѣ сущность отдѣльныхъ категорiй. мы должны не забыть привести ихъ опять въ соединенiе.

И въ этомъ сочиненiи въ началѣ намъ придется также разсѣчь живое, бьющееся тѣло природы и разсмотрѣть отнятыя части отдѣльно. Мы не должны удивляться, что въ природѣ и дѣйствiяхъ этихъ отдѣльныхъ членовъ многое останется для насъ неяснымъ. Вѣдь не поняли бы мы также назначенiя ушной раковины или, въ лучшемъ случаѣ, только догадались бы о немъ, если бъ нельзя было одновременно съ ней разсмотрѣть тѣхъ органовъ слуха, которые лежатъ глубже. Поэтому мы надѣемся, что разсмотрѣнiе явленiй природы въ ихъ взаимной зависимости, какъ ни далеко оно при современномъ уровнѣ знанiй отъ совершенства, все-таки внесетъ значительную долю ясности и гармонiи въ нашъ кругозоръ.

Если мы теперь зададимся цѣлью выдѣлить ту область природы, которой намѣрены въ этомъ сочиненiи посвятить особое вниманiе, мы поступимъ правильно, намѣчая ея границы не слишкомъ рѣзко. Обыкновенно наука очень охотно прибѣгаетъ къ такимъ строгимъ раздѣленiямъ, но тутъ мы рискуемъ разорвать органи-

чески связанныя другъ съ другомъ звенья и совсѣмъ перестать понимать смыслъ того обрывка, который принятъ нами за цѣлое.

Границу, по которой все твореніе природы можно разбить на двѣ большихъ характерно-различныхъ, по крайней мѣрѣ, по внѣшнему виду, области, мы находимъ въ жизнедѣятельности. Мы видимъ, что въ природѣ одни тѣла сами по себѣ неподвижны, то есть они не могутъ ни двигаться, ни претерпѣвать измѣненій, если устранить ихъ, насколько это возможно, изъ сферы внѣшнихъ вліяній. Мы называемъ ихъ мертвыми тѣлами. Отъ нихъ отличаются другія тѣла. Тѣ могутъ двигаться или измѣняться сами по себѣ, по крайней мѣрѣ, такъ намъ кажется,— это живые организмы. То, что мы разумѣемъ въ обыденной рѣчи подъ дѣйствіемъ силъ природы, на самомъ дѣлѣ есть отношенія мертвыхъ тѣлъ другъ къ другу; эти взаимоотношенія и послужатъ предметомъ описанія въ настоящемъ трудѣ.

Слѣдуетъ замѣтить теперь же, что строгаго раздѣленія на живое и мертвое, какъ мы сдѣлали это выше, провести не удается. Такъ, напримѣръ, на первый взглядъ движенія небесныхъ свѣтилъ совершаются какъ будто безъ участія какого бы то ни было дѣйствія извнѣ. Можно даже подумать, что здѣсь мы имѣемъ дѣло съ проявленіемъ міровой души, и, до реформы въ наукѣ о свѣтилахъ, такого взгляда придерживался не одинъ проницательный философъ. А то, что эти движенія совершаются по неизмѣннымъ законамъ, вовсе не доказываетъ, что эти тѣла непремѣнно не надѣлены жизнью. Мы встрѣчаемъ неизмѣнно повторяющіяся ритмическія движенія тамъ, гдѣ жизнедѣятельность несомнѣнна,—примѣръ тому— біеніе сердца. Кромѣ того, мы можемъ допустить, что дѣйствія, которыя, какъ оказывается, отступаютъ отъ закономѣрностей мертвой природы, совершаются необыкновенно медленно и потому отъ насъ ускользаютъ. Такъ паразитъ, величиной съ инфузорію, на долю котораго приходится, быть можетъ, милліонная часть жизни хозяина, не въ состояніи понять произвольности движеній его. И тогда можно было бы съ полнымъ правомъ поставить эти дѣйствія на разстояніи, совершающіяся безъ участія какой бы то ни было промежуточной среды (по мнѣнію, раздѣляемому еще въ наше время многими естествоиспытателями, ими удовлетворительно объясняются движенія небесныхъ свѣтилъ), наравнѣ съ дѣйствіемъ на разстояніи нашего духа, этимъ высшимъ проявленіемъ всего живущаго.

Но, съ другой стороны, въ нѣкоторыхъ живыхъ организмахъ или, лучше сказать, въ ихъ зародышахъ распознать отличительныя свойства живой матеріи удается лишь при самомъ тщательномъ наблюденіи или совсѣмъ не удается. Пшеничное зерно не обнаруживаетъ ни малѣйшаго слѣда жизненности, если совершенно преградить доступъ внѣшнихъ вліяній. Цѣлыми годами держали такое зерно подъ ртутью; тутъ была предотвращена возможность даже медленнаго обмѣна веществъ, являющагося главнымъ признакомъ жизнедѣятельности, и все-таки жизнь въ зернѣ уцѣлѣла: оно проросло, лишь только представились необходимыя для этого внѣшнія условія.

Мы приводимъ эти примѣры, число которыхъ легко было бы увеличить, для того, чтобы сразу показать, что точно разграничить живое и мертвое труднѣе, чѣмъ можно было бы думать. Внутри самыхъ простыхъ и самыхъ сложныхъ живыхъ организмовъ мы встрѣчаемъ процессы, объяснить которые можно лишь исключительно дѣйствіемъ силъ природы, и среди изслѣдователей природы мы найдемъ не мало сторонниковъ ученія, по которому нѣкогда должно наступить время, когда всѣ проявленія жизни, до возникновенія у насъ мысли включительно, будутъ вполнѣ объяснены тѣми самыми силами природы, которыя приводятъ въ движеніе мертвую матерію.

Итакъ, чтобы выдѣлить интересующую насъ область, намъ придется, притомъ совершенно произвольно, процессы въ такъ называемыхъ организмахъ на первое время оставить безъ разсмотрѣнія; особенно въ правѣ мы сдѣлать это потому, что, какъ оказывается изъ болѣе подробнаго изученія, организмы сложнѣе другихъ тѣлъ, а тотъ путь, который ведетъ отъ болѣе простого къ болѣе сложному, безъ сомнѣнія, будетъ и болѣе правильнымъ.

Процессы въ мірѣ мертвой матеріи можно, въ свою очередь, разбить на двѣ группы: на процессы, происходящіе внѣ земли, и процессы, совершающіеся у насъ, такъ сказать, подъ рукой. Причина такого раздѣленія чисто внѣшняя, этого требуетъ объемъ нашихъ познаній. Ученіе о причинахъ процессовъ въ мертвой природѣ издавна называли физикой; на ученіе о движеніяхъ небесныхъ свѣтилъ и объ ихъ состояніи смотрѣли съ полнымъ правомъ лишь какъ на отдѣлъ физики. Только желаніе съузить объемъ науки заставило ученыхъ отдѣлить отъ физики астрономію какъ особую отрасль знанія. Руководствуясь исключительно этими соображеніями, ограничимся разсмотрѣніемъ процессовъ въ мертвой матеріи, притомъ на землѣ, и мы. Что касается мірозданія, то мы будемъ обращаться къ нему лишь въ тѣхъ случаяхъ, когда оно сможетъ дать намъ цѣнное подтвержденіе законовъ, открытыхъ у насъ на землѣ. Наука, физика, въ тѣхъ границахъ, какія мы ей отвели, свободно можетъ обойтись безъ данныхъ астрономіи, чего нельзя сказать о послѣдней. Если бы мы пожелали понять процессы на небѣ, намъ пришлось бы свести ихъ на поддающіеся контролю процессы на землѣ, а, слѣдовательно, привести ихъ къ законамъ, даннымъ физикой. Такимъ образомъ физика является наукой основной.

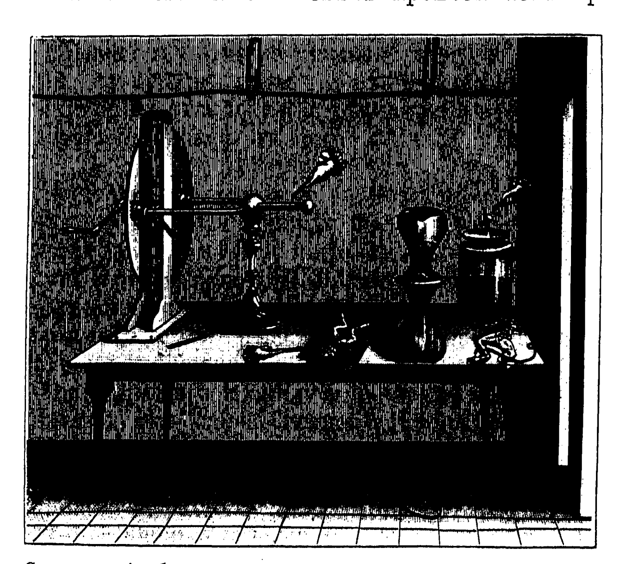
Говоря, что физика, область изслѣдованія которой не выходитъ за предѣлы земли, можетъ обойтись безъ данныхъ астрономической науки, мы все же не должны забывать, что физикъ не можетъ исключить дѣйствія небесныхъ свѣтилъ, и въ особенности могучаго солнца, ни при одномъ опытѣ. Но оказывается, что дѣйствія эти настолько постоянны, что совершенно въ той же мѣрѣ они привходятъ въ наблюдаемые физикомъ процессы, и такимъ образомъ въ результатѣ какъ бы исключаются: тутъ происходитъ нѣчто въ родѣ прибавленія равныхъ количествъ къ обѣимъ частямъ алгебраическаго уравненія. Касаясь этихъ основныхъ положеній, умѣстно будетъ въ то же время уяснить себѣ, что вполнѣ погашаются эти вліянія далеко не всегда; строго говоря, — и это будетъ еще вѣрнѣе, — такого полнаго погашенія никогда не бываетъ, потому что вообще нигдѣ нѣтъ ничего совершенно постояннаго. Чѣмъ тоньше будутъ становиться наши уже теперь удивительно выработанные измѣрительные методы, тѣмъ чаще будетъ представляться физику возможность принимать въ разсчетъ эти извнѣ земли идущія вліянія или, лучше сказать, измѣненія ихъ во время его опыта. Такимъ образомъ и тутъ нельзя строго отдѣлять одну область отъ другой.

Отъ физики, въ собственномъ смыслѣ слова, отдѣлилась область, которая вмѣстѣ съ астрономіей представляетъ какъ бы двѣ расходящіяся въ разныя стороны вѣтви основной науки,—эта область называется химіей. Указать границу между названными двумя научными дисциплинами оказывается труднѣе, чѣмъ въ предшествовавшихъ случаяхъ. Химическіе процессы отличаются отъ физическихъ главнымъ образомъ тѣмъ, что ихъ можно наблюдать лишь тогда, когда разсматриваемыя тѣла приведены въ самое тѣсное соприкосновеніе; кромѣ того, они производятъ измѣненія матеріи длящіяся. Обѣ группы явленій природы, въ сущности, одна отъ другой неотдѣлимы. Многіе физическіе процессы въ состояніи вызвать процессы химическіе, быть ихъ началомъ. Такъ, напримѣръ, свѣтъ является причиной химическаго процесса, происходящаго на фотографической пластинкѣ. Помимо того, химическія явленія вполнѣ зависятъ отъ физическихъ условій, въ которыя они поставлены. Для каждой химической реакціи существуютъ опредѣленныя максимальныя и минимальныя температуры, между которыми она и протекаетъ. Въ силу этой-то неотдѣлимости, физика и химія будутъ разсмотрѣны въ нашемъ сочиненіи, одна вслѣдъ за другой, въ ихъ взаимномъ соотношеніи.

Предпочтеніе придется отдать, конечно, чистой физикѣ, какъ наукѣ, изучающей движенія тѣлъ на разстояніяхъ, доступныхъ прямому измѣренію, вслѣдствіе чего физическіе процессы могутъ быть подвергнуты контролю легче и проще, чѣмъ другіе.

Всюду насъ окружаютъ явленія, относящіяся къ области чистой физики. Начиная съ перваго нашего шага на свѣтѣ, мы вынуждены считаться съ дѣйствіями тяжести, которая затрудняетъ намъ и этотъ первый шагъ. Мы въ

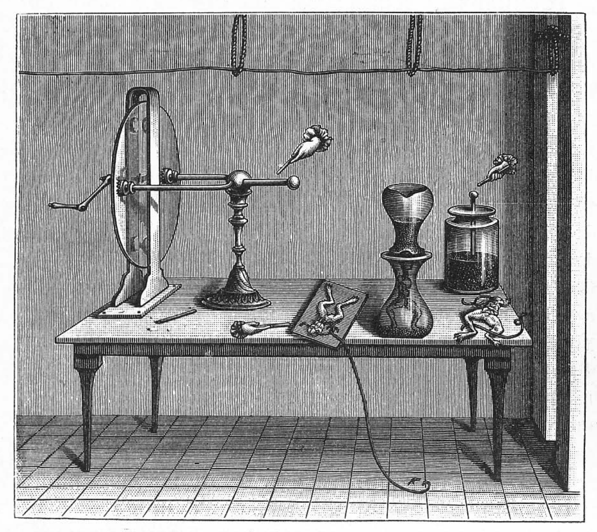
меньшей мѣрѣ, чѣмъ другими силами, овладѣли этой силой природы, мы въ меньшей степени можемъ заставить ее служить намъ. Что бы мы ни дѣлали, тяжесть налагаетъ на насъ путы, и, какъ высвободиться изъ нихъ, мы не будемъ знать никогда. Если увеличивается въ достаточной степени давленіе, которое тѣло въ силу своей тяжести оказываетъ на подставку, — тѣло нагрѣвается. Этому превращенію слѣдуетъ приписать значительную часть теплоты внутри земного шара. Мы можемъ вызвать это явленіе, теплоту, путемъ химическаго процесса, путемъ горѣнія; мы считаемъ излишнимъ упоминать о томъ частомъ примѣненіи, какое этотъ процессъ находитъ себѣ въ экономіи природы и въ жизни культурныхъ людей. Если мы станемъ повышать температуру тѣла, оно можетъ раскалиться и начать свѣтиться. Свѣтъ пронизываетъ пространство вокругъ насъ по всѣмъ направленіямъ; какъ неполны были бы наши свѣдѣнія о природѣ, если бы это удивительнѣйшее изъ ея явленій не служило бы посредникомъ между тѣлами, находящимися внѣ насъ, и нашимъ глазомъ. И какъ восхитителенъ этотъ міръ свѣта!



Сокращеніе бедренныхъ мускуловъ лягушки при помощи электрическаго тока. Первый опытъ Гальвани. По оригиналу, воспроизведенному фонъ-Эттингеномъ. См. текстъ, стр. 6.

Естественнымъ источникомъ свѣта для насъ является солнце. Оно освѣщаетъ всю землю, всѣ мѣста отъ полюса до экватора, создавая изъ ряда своихъ цвѣтовъ великолѣпную симфонію. Мерцающіе лучи, просвѣчивающіеся сквозь ночной мракъ небеснаго свода, пробудили всѣ тѣ возвышенныя мысли, до какихъ только могъ подняться человѣческій духъ. Если свѣтъ, какъ мы сказали, служитъ посредникомъ между нами и отдаленнѣйшими глубинами мірозданія, какія еще для насъ доступны, то, напротивъ того, **звукъ** передаетъ намъ свѣдѣнія о процессахъ, происходящихъ только сравнительно близко. Онъ первый несъ важную службу передачи мысли отъ ума къ уму путемъ рѣчи, а своими переливами онъ можетъ привести насъ въ восхищеніе, ничуть не меньшее, чѣмъ свѣтъ съ его игрой красокъ.

Итакъ предъ нашими глазами прошли наиболѣе замѣтныя изъ физическихъ явленій, въ порядкѣ предварительномъ и совершенно случайномъ. Къ этимъ явленіямъ надо отнести еще одну обширную область, процессы которой обнаруживаются только при особенныхъ, не всегда имѣющихся на лицо условіяхъ: это — область **электричества** и близкаго и родственнаго ему **магнитизма**. Уже съ давнихъ временъ знали нѣсколько явленій, относящихся къ этой области, но за особенную силу природы электричество стали признавать всего лишь немного болѣе ста лѣтъ тому назадъ, съ того времени, какъ **Гальвани** произвелъ свои знаменитые опыты надъ лягушками (см. рисунки на стр. 6 и 7). О необычайной важности услугъ, оказываемыхъ намъ электричествомъ, о томъ, какъ эта сила, которая такъ долго была сокрыта, теперь въ рукахъ современнаго человѣка почти вездѣ стала его искуснѣйшимъ и дѣятельнѣйшимъ помощникомъ при рѣшеніи наиболѣе запутанныхъ задачъ, — знаетъ каждый. Электричество можетъ проявить себя, какъ явленіе, только при помощи другихъ силъ природы, а не непосредственно, какъ свѣтъ, теплота и звукъ. Оно можетъ предстать предъ нами въ видѣ электрической искры, какъ явленіе свѣтовое; оно можетъ сказаться, какъ звуковое воспріятіе, въ трескѣ искры, или же обусло-

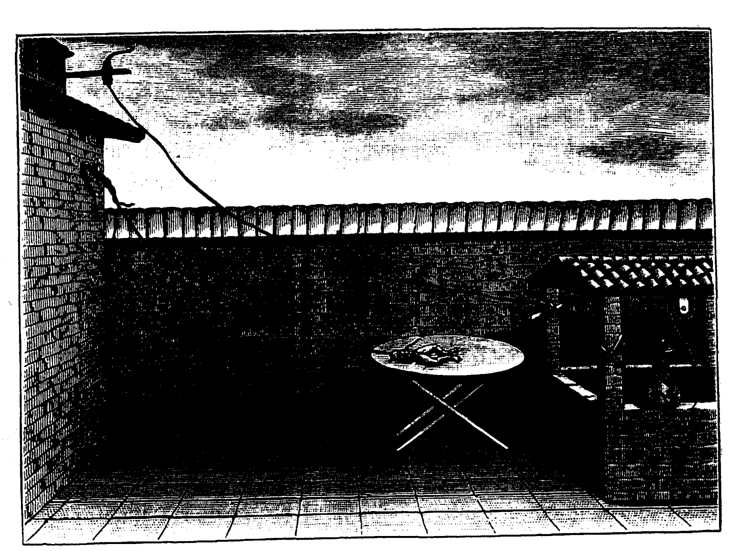


Сокращенiе бедренныхъ мускуловъ лягушки при помощи электрическаго тока. Первый опытъ Гальвани. По оригиналу, воспроизведенному фонъ-Эттингеномъ.
См. текстъ, стр. 6.

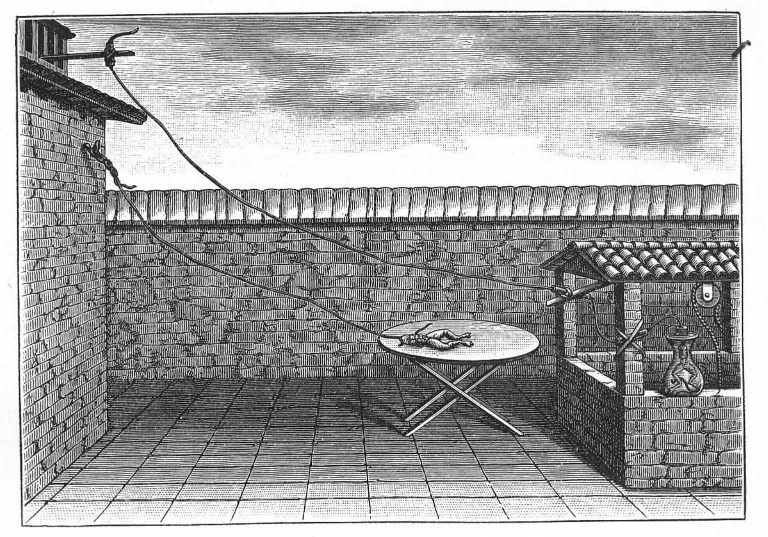
вить собой тепловое ощущеніе; какъ электрическій ударъ, оно можетъ вызвать раздраженіе нерва и, наконецъ, можетъ произвести въ тѣлахъ измѣненіе химическаго характера. Въ формѣ магнитизма электричество можетъ проявить силу притяженія, большую, чѣмъ тяготѣніе, и обнаружиться въ этого рода взаимодѣйствіи.

Электричество въ большей мѣрѣ, чѣмъ другія области чистой физики, наводитъ насъ на мысль о томъ, что дѣйствія тѣлъ, повидимому, совершенно отличныя другъ отъ друга, часто переходятъ изъ одного въ другое. Электричество, напримѣръ, можетъ дать свѣтъ, теплоту, притяженіе и химическую силу. Поэтому мы позволимъ себѣ высказать предположеніе, что въ основѣ всѣхъ этихъ отдѣльныхъ дѣйствій лежитъ одна и та же причина болѣе общаго характера.

Нигдѣ однако не выступаетъ съ такой яркостью этотъ переходъ, какъ въ случаѣ электричества и химическихъ явленій. Путемъ сопоставленія извѣстныхъ химическихъ веществъ въ такъ называемомъ гальваническомъ элементѣ мы производимъ „электрическій токъ“, продолжающійся до тѣхъ поръ, пока идетъ опредѣленное химическое превращеніе этихъ веществъ. Напримѣръ, при превращеніи цинка въ цинковую соль процессъ невидимо протекаетъ между мельчайшими частицами цинка и частицами приведенной съ нимъ въ соприкосновеніе сѣрной кислоты; на любомъ разстояніи отъ мѣста, гдѣ совершается этотъ процессъ, можно получить свѣтъ, теплоту, притяженіе. Въ процессахъ химическихъ такимъ образомъ непремѣнно совершаются движенія очень малыхъ частицъ и, при извѣстныхъ условіяхъ, они вызываютъ весьма замѣтныя движенія большихъ тѣлъ. Мы можемъ направить этотъ процессъ въ совершенно обратномъ порядкѣ; съ этой цѣлью мы приводимъ въ движеніе большое тѣло, напримѣръ, динамо-машину, получаемъ изъ нея электрическій токъ и съ помощью его заставляемъ снова придти въ движеніе тѣ невидимыя по своей незначительности частицы цинковой соли, которыя раньше сами собой соединились; при этомъ металлическій цинкъ выдѣляется снова. Изъ всего этого мы видимъ достаточно ясно, что пограничная область между физикой и химіей необыкновенно велика и что установить рѣзко эту границу удается не во всѣхъ случаяхъ. Мы сказали, что отличительный признакъ химическихъ соединеній — ихъ устойчивость, но этотъ признакъ оказывается на практикѣ не всегда отчетливымъ. Дѣло въ томъ, что существуетъ не мало химическихъ соединеній, которыя отъ дѣйствія химическихъ и физическихъ процессовъ распадаются. Слѣдовательно, нашимъ признакомъ рѣшается вопросъ лишь о степени легкости, съ какой происходитъ такое распаденіе. Когда мы растворяемъ въ водѣ сахаръ, то обѣ составныя части, очевидно, претерпѣваютъ устойчивое измѣненіе. Чтобы изъ образовавшейся сахарной воды снова получить сахаръ и воду, мы дѣйствуемъ на нее тепломъ и подвергаемъ ее перегонкѣ. Въ



Сокращеніе бедренныхъ мускуловъ лягушки при помощи электрическаго тока. Второй опытъ Гальвани. По оригиналу, воспроизведенному фонъ-Эттингеномъ.



Сокращеніе бедренныхъ мускуловъ лягушки при помощи электрическаго тока. Второй опытъ Гальвани. По оригиналу, воспроизведенному фонъ-Эттингеномъ.

сущности, работы, затраченныя на переводъ тѣлъ въ ихъ первоначальное состояніе, въ обоихъ случаяхъ, на первый взглядъ, другъ отъ друга не отличаются. Но спеціалистъ усматриваетъ тутъ тонкое различіе: онъ говоритъ, что въ одномъ случаѣ мы имѣемъ физическую смѣсь, въ другомъ — химическое соединеніе веществъ. Позже мы увидимъ, что здѣсь все сводится къ прочности соединенія, отсюда и разница въ трудности разъединенія.

Но есть химическіе процессы такого рода, что возвратъ участвовавшей въ нихъ матеріи въ ея первоначальное состояніе не удается; такихъ процессовъ немало. Очень легко сварить яйцо, но мы совершенно не въ состояніи превратить свернувшійся при этомъ бѣлокъ въ его естественное состояніе, въ бѣлокъ свѣжій. Еще не такъ давно принимали за правило, что такъ называемыя органическія соединенія легко допускаютъ разложеніе на составныя части, но что обратное возсоединеніе этихъ частей невозможно. Это обстоятельство въ свое время было для насъ однимъ изъ характернѣйшихъ отличій одной главной вѣтви химіи,—химіи неорганической, отъ другой вѣтви — химіи органической, но теперь различить эти отдѣлы науки стало гораздо труднѣе.

Неорганическая химія занимается соединеніями въ томъ видѣ, въ какомъ мертвая природа сама даетъ ихъ намъ. Въ этой области науки постоянно приходится то разлагать получающіяся соединенія, то снова возстановлять ихъ въ прежнемъ видѣ, или, говоря языкомъ техническимъ, въ этой области мы имѣемъ всегда возможность вслѣдъ за извѣстнымъ анализомъ выполнить соотвѣтственный синтезъ.

Вещества, которыми занимается органическая химія, состоятъ точно также изъ мертвой матеріи, но они вырабатываются или въ самихъ организмахъ, или при ихъ посредствѣ. Эти вещества распадаются, въ большинствѣ случаевъ, очень легко на составныя части; ихъ извлекаютъ организмы изъ мертвой природы для образованія такихъ, какъ говорятъ, органическихъ соединеній. Итакъ, качественный и количественный составъ ихъ намъ извѣстенъ, и, тѣмъ не менѣе мы можемъ лишь въ сравнительно немногихъ, въ послѣднее время все учащающихся случаяхъ возсоздать эти соединенія. Отъ органическихъ соединеній отличаютъ организованныя. Послѣднія, какъ, напр., крахмалъ, бѣлокъ, кровь, вырабатываются въ органахъ, первыя, — ароматъ цвѣтовъ, мочевина, — суть выдѣленія органовъ. Въ настоящее время мы умѣемъ образовывать изъ элементовъ уже значительное число органическихъ соединеній, но намъ не удалось образовать ни одного организованнаго. Глубокая таинственная пропасть между живымъ и мертвымъ раскрывается тутъ. Мы хорошо знаемъ, изъ чего состоитъ мертвый бѣлокъ, и недавно даже удалось воспроизвести похожее на него вещество. Но надо замѣтить, что лишь только оно начинаетъ казаться живымъ, т. е. на подобіе протоплазмы, не имѣя органовъ, можетъ двигаться вопреки закону тяжести, принимать въ себя и перерабатывать мертвую матерію, увеличивая на ея счетъ свое собственное тѣло, и размножаться путемъ простого дѣленія, такъ сейчасъ же обнаруживается, что это вещество имѣетъ химическія реакціи совершенно другія. Въ тотъ моментъ, какъ безформенный комочекъ протоплазмы умираетъ, эти реакціи прекращаются. Это можетъ произойти отъ дѣйствія ничтожнѣйшихъ внѣшнихъ причинъ, и вернуть все къ прежнему порядку мы не умѣемъ. Таковъ ужъ, къ сожалѣнію, наиболѣе извѣстный изъ законовъ природы: живое легко убить, но пробудить жизнь въ мертвомъ нельзя.

Соединенія органическія, за очень немногими исключеніями, имѣютъ составъ значительно болѣе сложный, чѣмъ образующіяся сами собой или образованныя нами соединенія неорганической природы. Можно думать, что синтезъ организованныхъ соединеній не удавался до сихъ поръ лишь временно; химія, какъ систематическая наука, — слишкомъ еще молода; поэтому трудно отказаться отъ мысли, что неудача обусловливается не сущностью дѣла, а техническими трудностями, и нельзя сказать, что для насъ навѣки отрѣзана возможность сдѣлать человѣка въ ретортѣ по рецепту Фаустова Фамулуса.

Но если даже и согласиться, что жизнедѣятельность обладаетъ лишь тѣми

свойствами, которыя присущи силамъ, управляющимъ мертвой природой, то и въ этомъ случаѣ опытъ съ построеніемъ живого изъ мертваго, очевидно, долженъ окончиться неудачей: мы не съумѣли бы устроить необходимой для этого реторты. Органическія соединенія вырабатываются исключительно въ нѣжныхъ тканяхъ организмовъ. Изъ этого можно сообразить, что явленія жизни въ матеріи происходятъ въ значительно болѣе тѣсныхъ предѣлахъ, чѣмъ процессы физическіе, а также и процессы неорганической химіи. Вращательныя движенія свѣтилъ другъ около друга осуществимы только въ открытомъ просторѣ небесъ, многіе физическіе процессы совершаются, напротивъ того, только на разстояніяхъ небольшихъ, обычныхъ въ людскомъ обиходѣ, реакціи же неорганизованныхъ веществъ только при тѣсномъ соприкосновеніи. Быть можетъ, при образованіи органическихъ соединеній, находясь въ состояніи мельчайшей раздробленности, части вещества должны къ тому же дѣйствовать въ столь непосредственной близости, что человѣку созданіе такихъ ничтожно малыхъ „ретортъ" оказывается не подъ силу. Сѣрную кислоту мы добываемъ въ помѣщеніи, которое называется фабрикой сѣрной кислоты. Мы можемъ ее выстроить изъ мертваго матеріала; „фабрикой" для производства бѣлка можетъ быть только живой организмъ, и по всему видно, что это условіе неизбѣжно. Но вотъ вопросъ, которому, вѣроятно, навѣки суждено остаться неразрѣшеннымъ: можетъ ли тѣло, образованное изъ мертвой матеріи въ точномъ соотвѣтствіи съ живымъ существомъ, на самомъ дѣлѣ перерабатывать подносимый ему необходимый матеріалъ, другими словами, можетъ ли оно начать жить. Мы этого не знаемъ, и ни у кого не хватитъ смѣлости утверждать, что наша техника дастъ намъ средства скопировать тѣло живого существа во всѣхъ его подробностяхъ; для этого опять пришлось бы образовывать органическія соединенія, такъ какъ матеріалъ для такого построенія даютъ только они.

Мы не станемъ здѣсь, въ введеніи, продолжать разборъ этихъ труднѣйшихъ вопросовъ естествознанія; мы вернемся къ нимъ еще разъ въ концѣ нашего труда. Намъ надо было только указать, до чего становится неуловимой граница между природой живой и мертвой, между явленіями физики и химіи и явленіями физіологіи, когда начать разсматривать ихъ ближе. Все это, повидимому, указываетъ на то, что вообще въ природѣ нигдѣ не встрѣчается дѣйствій, различныхъ по внутреннему ихъ содержанію.

Но мы должны признать, что съ нашей стороны было бы опасной недальновидностью приступать къ болѣе близкому изученію явленій природы съ подобнымъ предвзятымъ убѣжденіемъ. Наряду съ этими движеніями матеріи и ея измѣненіями существуютъ другія явленія съ выраженной въ нихъ жизнедѣятельностью: мы даемъ имъ названіе воспріятія, сознанія, духа, и ихъ намъ не удалось,—по крайней мѣрѣ до сихъ поръ,—свести исключительно на одни движенія матеріальныхъ частицъ природы. Всякій разъ намъ приходится убѣждаться, что сознаніе есть особая сила, которая, хотя и связана съ матеріей, подобно другимъ силамъ природы, но управляется условіями совершенно отличными. По всей видимости, общія явленія жизни стоятъ въ тѣсной связи съ дѣятельностью воспріятія, возвышающейся надъ мертвыми силами природы. Если гдѣ-либо въ природѣ и можно провести рѣзкую границу, то, вѣроятно, именно здѣсь.

Итакъ, мы намѣтили широкими штрихами границы главныхъ областей; въ предѣлахъ ихъ въ своихъ дальнѣйшихъ разсмотрѣніяхъ мы и будемъ оставаться.

II. Установленіе основныхъ понятій научнаго изслѣдованія.

a) Пространство и основная мѣра.

Изъ предшествовавшаго общаго разбора интересующихъ насъ вопросовъ непосредственно слѣдуетъ, что предѣлы, въ которыхъ имѣютъ мѣсто явленія природы, играютъ весьма существенную роль, опредѣляя характеръ дѣйствія явленій.

Въ небесномъ пространствѣ всемірное тяготѣніе проявляется иначе, чѣмъ въ узкой волосной трубкѣ. Уже одно это соображеніе указываетъ на необходимость обозначать возможно точнѣе размѣры пространства, охватываемаго явленіемъ. А еще большую важность пріобрѣтаетъ для насъ это обстоятельство тогда, когда для окончательнаго выясненія природы силы мы пожелаемъ измѣрить ея двигательную способность. Тутъ вступаетъ въ свои права второе основное понятіе—время, такъ какъ движеніе совершается во времени. Естествоиспытатели всѣхъ вѣковъ давали опредѣленія обоимъ основнымъ понятіямъ мірового порядка, но ходъ ихъ мысли часто принималъ настолько своеобразный запутанный характеръ, что мы не рѣшимся за ними слѣдовать. Въ основу нашего изслѣдованія должно лечь наблюденіе; мы будемъ исходить исключительно изъ того, что видимъ, и будемъ вѣрить своему наблюденію до тѣхъ поръ, пока другіе факты не заставятъ насъ перейти къ болѣе точнымъ представленіямъ. Но въ то же время мы готовы сразу признать, что наблюденіе можетъ обмануть насъ, что во многихъ случаяхъ, несомнѣнно, этотъ путь былъ причиной заблужденія. Поэтому, по мѣрѣ того, какъ передъ нами будетъ раскрываться все большій и большій кругъ явленій, мы будемъ вносить не разъ поправки въ свои воззрѣнія. Идя по этому пути, мы будемъ подвигаться впередъ съ большей увѣренностью, чѣмъ въ томъ случаѣ, если бы исходной точкой намъ послужило какое-нибудь отвлеченное положеніе, не допускающее провѣрки опытомъ. Особенно надо остерегаться принятія безъ оговорокъ выводовъ чистой математики; чистыя абстракціи математиковъ имѣютъ безусловную цѣну лишь въ мірѣ мысли; въ мірѣ дѣйствительномъ никогда не удается осуществить тѣхъ отвлеченныхъ условій, которыя легли въ основаніе выводовъ математиковъ— всегда получается остатокъ, въ видѣ ли осадка въ ретортѣ химика, или личныхъ ошибокъ въ тончайшихъ наблюденіяхъ астронома. Но съ существованіемъ этихъ придатковъ часто связаны важнѣйшіе вопросы, касающіеся природы силъ. Такъ, напримѣръ, по сей день рѣшеніе вопроса о томъ, нужно ли время для распространенія тяготѣнія отъ одного свѣтила къ другому, зависитъ отъ существованія такихъ ошибокъ наблюденія, которыя нашему учету не поддаются.

Понятіе о **пространствѣ**, какъ о таковомъ, помимо находящихся въ немъ тѣлъ, по измѣреніямъ которыхъ мы могли бы опредѣлить размѣръ самого пространства, есть одна изъ тѣхъ именно абстракцій, какихъ намъ слѣдуетъ избѣгать. Это понятіе было бы, въ буквальномъ смыслѣ слова, лишено всякаго содержанія подобно какой-нибудь буквѣ, которая только въ связи съ другими буквами получаетъ способность передавать мысли. Скажемъ поэтому просто: тѣло, занимающее мѣсто въ пространствѣ, имѣетъ длину, ширину и высоту, стало быть, три измѣренія. Все, что измышлено по поводу четвертаго измѣренія, для насъ значенія имѣть не можетъ. Мы не видимъ четвертаго измѣренія, не осязаемъ его и не понимаемъ.

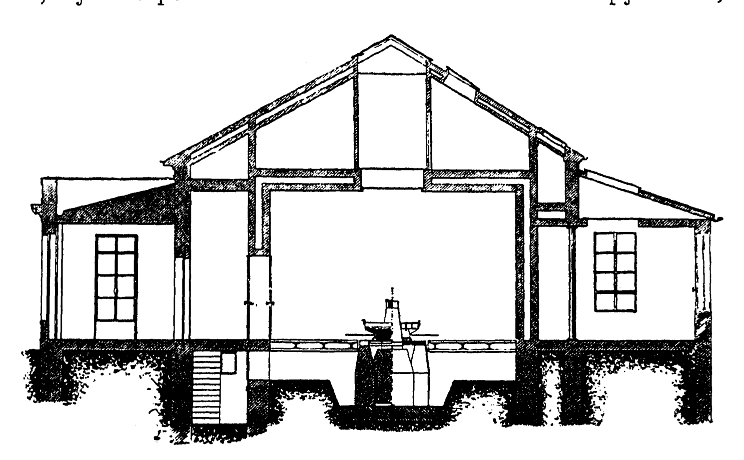
У насъ стоитъ теперь на очереди вопросъ о возможно болѣе точномъ **измѣреніи** тѣлъ по этимъ тремъ направленіямъ. Предположимъ, что изслѣдуемая нами сила, находящаяся въ томъ или другомъ тѣлѣ, состоитъ въ какомъ нибудь соотношеніи съ величиной самого тѣла. Измѣрить предметъ значитъ сравнить его величину съ другимъ предметомъ неизмѣняющейся величины. Неизмѣняемость этой образцовой мѣры есть, конечно, условіе необходимое. Допустимъ, что для сравненія дѣйствій двухъ тѣлъ между собой, намъ достаточно было бы измѣрить отношеніе величинъ самихъ тѣлъ.

Мы опредѣлили бы, во сколько разъ одно тѣло больше другого,—этимъ бы все и ограничилось. Но и этотъ способъ становится непримѣнимымъ, когда сравниваются дѣйствія тѣлъ, отдѣленныхъ промежуткомъ времени, въ теченіе котораго одно изъ тѣлъ могло измѣниться. Точно также нельзя сравнивать слѣдующихъ одно за другимъ дѣйствій одного и того же тѣла, но перемѣнной величины.

И тутъ-то мы сразу наталкиваемся на непреодолимыя трудности. Какъ показываетъ опытъ, ни одинъ изъ извѣстныхъ намъ предметовъ не сохраняетъ своей величины. Во многихъ случаяхъ мы прямо ищемъ законъ, по которому совершаются эти измѣненія. Но, строго говоря, мы не выходимъ изъ логическаго круга. Въ

самомъ дѣлѣ: чтобы измѣрить эти измѣненія, надо прежде всего обладать несомнѣнно постоянной мѣрой, а получить эту мѣру можно только путемъ точныхъ измѣреній. Для разрѣшенія этой задачи со всей доступной намъ, по нашимъ понятіямъ, точностью, мы предположимъ, что такое міровое тѣло, какъ наша земля, сохраняло неизмѣнно свою величину, по крайней мѣрѣ, за періодъ времени, доступный человѣческому измѣренію; изъ нея то мы опредѣлимъ основную мѣру, въ данномъ случаѣ, длину метра (смотри другое наше сочиненіе „Мірозданіе"). Но мы вносимъ недопускающее нашей повѣрки предположеніе и этимъ навсегда отрѣзываемъ себѣ возможность рѣшенія одного изъ самыхъ основныхъ вопросовъ, вопроса о томъ, испытываетъ ли перемѣны общее притяженіе земли.

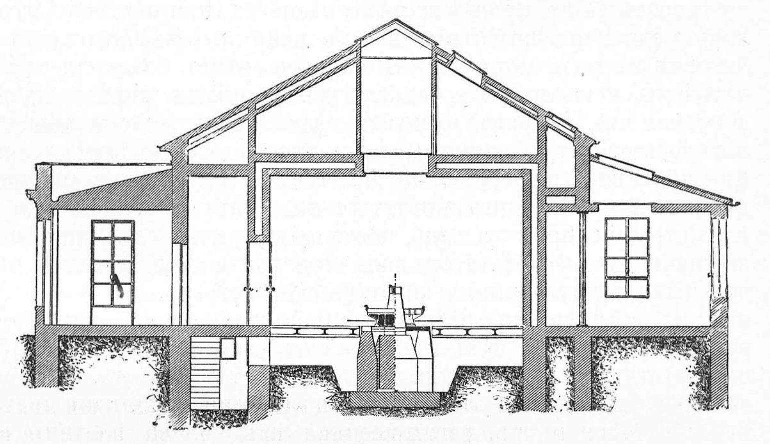
Пусть величина земного меридіана измѣрена какой-нибудь мѣрой, и матеріалъ, изъ котораго мѣра сдѣлана, обладаетъ, какъ показалъ опытъ, всей возможной степенью неизмѣняемости; пусть сорокамилліонная часть такой земной окружности, „метръ", нанесена на эту мѣру. Повторимъ эту операцію той же самой мѣрой черезъ извѣстное число лѣтъ; можетъ оказаться, что теперь эта мѣра укладывается въ меридіанѣ еще нѣсколько лишнихъ разъ, по сравненію съ результатомъ прежняго измѣренія. Въ этомъ случаѣ нельзя рѣшить, стала ли за это время земля больше, или мѣра меньше. Допустимъ, что въ то же время астрономическія наблюденія показали, что скорость паденія луны на землю увеличилась,—это можно узнать, независимо отъ нашей мѣры, измѣреніемъ угловъ и времени; тогда на основаніи того, что мы знаемъ изъ прежняго опыта о движеніи другихъ небесныхъ свѣтилъ, всего вѣроятнѣе будетъ предположить, что масса земли, а, стало быть, и ея размѣры увеличились, мѣра же осталась неизмѣнной. Но остается мѣсто еще третьему предположенію, а именно: земля не увеличилась, но пріобрѣла большую противъ прежняго силу притяженія.



Продольный разрѣзъ камеры для постоянныхъ температуръ международнаго бюро мѣръ. По Guillaume „Bureau international des poids et mesures." См. текстъ, стр. 12.

Это стояло бы въ противорѣчіи съ однимъ изъ наиболѣе прочно установленныхъ законовъ, именно съ закономъ неизмѣнности тяготѣнія. Это предположеніе мы могли бы принять лишь съ однимъ условіемъ: мы прежде должны удостовѣриться въ совершенной неизмѣняемости основной мѣры, а для этого вполнѣ надежныхъ пріемовъ у насъ никогда не будетъ. Такъ какъ всякое достовѣрное представленіе о процессахъ, совершающихся въ природѣ, прежде всего зависитъ отъ возможности произвести точныя измѣренія, то этимъ мы какъ бы говоримъ, что мы вообще не въ состояніи узнать ничего достовѣрнаго. И если брать вещи, какъ онѣ есть,—тутъ это именно и приходится дѣлать,—то не у одного изслѣдователя и въ наши дни можетъ „грудь изныть отъ жгучаго страданія" изъ-за того, что людямъ „знанія не дано".

Мы еще стоимъ на порогѣ изслѣдованія, а насъ уже неотвязно преслѣдуетъ мысль, что мы познаемъ все только въ предѣлахъ той относительности, какая отведена намъ границами человѣческаго духа. Несмотря на это, можно отыскать такъ называемые приближенные методы, съ помощью которыхъ мы сможемъ постепенно подойти необычайно близко къ той истинѣ, какая только вообще



Продольный разрѣзъ камеры для постоянныхъ температуръ международнаго бюро мѣръ. По Guillaume „Bureau international des poids et mesures.“ См. текстъ, стр. 12.

доступна человѣку. Приступая къ измѣрительнымъ методамъ, прежде всего полезно выбрать мѣру изъ такого матеріала, чтобы величина ея подвергалась, насколько можемъ судить, самымъ незначительнымъ измѣненіямъ. Этой мѣрой опредѣляютъ законы, которымъ подчинены измѣненія размѣровъ тѣлъ. Но эти законы являются лишь приближеніями къ истинѣ, такъ какъ за мѣру, которой мы воспользовались, еще нельзя поручиться. Съ помощью этихъ приближенныхъ законовъ изъ ряда опытовъ опредѣляютъ измѣненія единицы мѣры. Отсюда можно будетъ уже перейти къ болѣе точнымъ законамъ и. т. д. до тѣхъ поръ, пока, наконецъ, въ результатѣ изслѣдованій не станутъ получаться одни и тѣ же числа. Мы не должны забывать, что все наше знаніе, какого бы рода оно ни было, добыто лишь приближенными методами; это относится и къ тому случаю, когда это знаніе остается въ области такъ называемыхъ абстракцій, каковы, напримѣръ, абстракціи чистой математики, потому что и математику необходимы положенія безъ доказательствъ, или аксіомы, а онѣ взяты исключительно изъ опыта. При приложеніи выводовъ, построенныхъ на этихъ основоположеніяхъ, къ практическимъ вопросамъ не оказывается никакого несоотвѣтствія съ дѣйствительностью, хотя бы такихъ приложеній были милліоны, а потому за достовѣрность этихъ основаній чистой математики говорятъ милліоны шансовъ противъ одного. Другихъ доказательствъ у насъ нѣтъ. Въ самомъ дѣлѣ, допустимъ, что по нѣкоторому закону параллельныя линіи должны пересѣчься, хотя бы и на безконечности; отсюда, путемъ логическихъ выкладокъ, мы придемъ къ выводу, что тѣла имѣютъ не три, а четыре измѣренія; но чувства наши этого четвертаго измѣренія не постигаютъ, и такимъ образомъ для точнаго изслѣдованія природы эти логическія построенія, при всемъ своемъ интересѣ, значенія не имѣютъ, такъ какъ провѣрить ихъ нашими приближенными измѣрительными методами нѣтъ никакой возможности.

И если изъ предыдущаго мы хорошо поняли, что мѣра есть основа всякаго знанія и что неподдающееся провѣркѣ измѣненіе основной мѣры можетъ поколебать все зданіе нашего знанія, то становится яснымъ, почему эту основную мѣру сохраняютъ со всей тщательностью и заботливостью, какъ драгоцѣннѣйшее сокровище науки. Мѣра метръ, изготовленная изъ сплава платины и иридія, хранится въ подвалѣ международнаго учрежденія, находящагося въ Парижѣ и предназначеннаго для постоянной провѣрки единицъ мѣръ; метръ помѣщенъ во вмурованномъ въ стѣну шкафу, который можетъ быть открытъ лишь въ одно время двумя членами сказанной международной комиссіи. На этотъ метръ теперь уже не смотрятъ, какъ на опредѣленную часть земного меридіана, но свое значеніе онъ сохранилъ и понынѣ, и его кладутъ въ основу всѣхъ научныхъ измѣреній. Съ его помощью грядущія поколѣнія естествоиспытателей смогутъ дать отвѣтъ, представляютъ ли изъ себя законы природы, на которыхъ зиждется міровой порядокъ, дѣйствительно нѣчто вѣчное, неизмѣнное среди вѣчныхъ перемѣнъ мірового строя, какъ это мы думаемъ теперь, или нѣтъ.

При измѣреніяхъ, какія требуются въ различныхъ областяхъ явленій природы, само собой разумѣется, нельзя ограничиться одной только мѣрой длины. Приходится прибѣгать къ самымъ разнообразнымъ мѣрамъ, выяснить характеръ которыхъ будетъ всего легче на своемъ мѣстѣ и въ свое время. Всякій разъ, какъ мы желаемъ установить мѣру на вѣчныя времена, мы наталкиваемся на однѣ и тѣ же практическія трудности. Мѣры, которыми теперь пользуются при производствѣ научныхъ изслѣдованій, должны быть согласованы съ основной мѣрой, съ „условнымъ парижскимъ метромъ“. Въ камерѣ съ постоянной температурой въ названномъ выше учрежденіи (см. рисунокъ на стр. 11) и производится сличеніе мѣръ.

b) Мѣра времени.

Особое положеніе въ ряду мѣръ занимаетъ мѣра времени. Для опредѣленія величины проявляющей себя силы, необходимость мѣры времени, наряду съ мѣрой длины, очевидна. Если бъ мы пожелали опредѣлить величину силы притяженія, испытываемаго однимъ тѣломъ подъ вліяніемъ другого, намъ пришлось бы измѣрить разстояніе между ними и затѣмъ путь, который движущееся тѣло

проходитъ по направленію къ тѣлу, вызывающему движеніе, въ теченіе промежутка времени, принятаго нами за единицу.

Надъ сущностью времени ломали себѣ голову ничуть не меньше, чѣмъ надъ сущностью пространства. Съ насъ достаточно убѣдиться по опыту, что время указываетъ на послѣдовательность явленій. Положимъ, что въ нашемъ опытѣ между наступленіемъ извѣстнаго явленія и какимъ-нибудь другимъ явленіемъ не произошло никакихъ другихъ событій, по которымъ мы могли бы измѣрить такъ называемый промежутокъ времени между ними; тогда мы говоримъ, что эти событія по времени другъ отъ друга вовсе не отдѣлены. Непрекращающееся чередованіе событій въ природѣ зарождаетъ въ насъ понятіе времени, и лишь въ этомъ чередованіи мы можемъ найти мѣру времени.

За единицу, конечно, можно выбрать промежутокъ времени между двумя любыми явленіями. За такую единицу приняли сутки и въ началѣ опредѣляли его, какъ промежутокъ между двумя послѣдовательными высшими положеніями (кульминаціями) солнца на небѣ для одного и того же мѣста земли. Стародавній опытъ говорилъ, что эти промежутки времени не перестаютъ быть совершенно одинаковыми, такъ что ими можно измѣрять время между другими событіями. Но откуда этотъ опытъ? Его могли вынести люди только однимъ путемъ: заполняя промежутокъ времени, принятый за единицу, извѣстнымъ числомъ другихъ событій, которыя можно принять по отношенію другъ къ другу однородными, т. е. такихъ событій, къ которымъ наилучшимъ образомъ примѣнимъ основной законъ, гласящій, что равныя причины вызываютъ всегда равныя дѣйствія. Эта потребность и породила открытіе измѣрителя времени, часовъ.

Самымъ давнимъ, самымъ простымъ и притомъ сравнительно очень точнымъ измѣрительнымъ приборомъ этого рода слѣдуетъ признать китайскіе водяные часы. Въ нихъ измѣряли количество воды, вытекавшей за сутки изъ сосуда, въ которомъ уровень поддерживался всегда на одной и той же высотѣ, а этотъ промежутокъ времени брали изъ астрономическихъ наблюденій. Итакъ, тутъ въ основѣ измѣренія времени лежитъ измѣреніе длины, такъ какъ только оно одно позволяло опредѣлить количество вытекающей воды. Кромѣ того, надо было допустить, что заставляющее вытекать воду тяготѣніе остается все время неизмѣннымъ. На допущеніи подобнаго рода опираются и теперь наши тончайшіе методы измѣренія времени. Примемъ только одинъ законъ равенства дѣйствій, вызываемыхъ равными причинами; исходя изъ него, мы можемъ показать, что стержень постоянной длины, подвѣшенный въ одной точкѣ, свободный отъ тренія и пришедшій въ колебательное движеніе, другими словами, маятникъ, въ равныя времена долженъ непремѣнно совершать равныя отклоненія, если только не мѣняется тяготѣніе. Но такого стержня, длина котораго оставалась бы неизмѣнной, нѣтъ; длину приходится повѣрять мѣрой длины, и вся неточность послѣдней войдетъ и въ наше измѣреніе времени. Позже мы увидимъ, съ какой тщательностью изготовляютъ маятникъ и обращаются съ нимъ, чтобы по возможности устранить всѣ источники ошибокъ или, по крайней мѣрѣ, принять ихъ въ разсчетъ. Такого рода маятникъ является однимъ изъ наиболѣе тонкихъ измѣрительныхъ приборовъ, но показанія его всегда зависятъ отъ неизмѣнности тяготѣнія. Впослѣдствіи, когда измѣрители времени достигли извѣстнаго совершенства, замѣтили, что въ промежуткѣ времени между двумя послѣдовательными стояніями солнца на одной и той же высотѣ никогда не укладывается одинаковаго числа показаній этихъ измѣрителей времени. Вопросъ сводился къ тому, какіе же часы невѣрны: небесные или человѣческіе, другими словами, постоянно ли тяготѣніе или нѣтъ? Очевидно, въ этихъ условіяхъ разрѣшить этотъ вопросъ въ той или другой его формѣ сразу невозможно. Поэтому изобрѣли другой измѣритель времени. Тутъ надо было призвать свидѣтелей безпристрастныхъ, на дѣйствіяхъ которыхъ вліяніе тяжести сказывалось бы въ меньшей мѣрѣ и притомъ иначе, чѣмъ на маятникѣ. Примѣромъ такого измѣрителя могутъ служить часы пружинные. Затѣмъ произвели рядъ дальнѣйшихъ опытовъ надъ силой тяжести, въ которыхъ она проявлялась бы каждый разъ совершенно иначе, и пришли къ убѣжденію, что если сила тяжести, вообще говоря,

и можетъ измѣняться, то далеко не въ такой степени, чтобы этими измѣненіями можно было бы объяснить разницу въ числѣ тѣхъ промежутковъ времени, которыми до тѣхъ поръ опредѣляли продолжительность сутокъ.

И вотъ пришли къ выводу, что невѣрно шли небесные часы, а не наши. Эта побѣда ума очень замѣчательна. Она показываетъ намъ, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ можно довѣриться скорѣе устроенному людьми прибору, чѣмъ вѣчному ходу небесныхъ свѣтилъ, въ виду того, что приборъ мы можемъ подвергнуть своими руками многосторонней провѣркѣ. Изъ этого же соображенія вытекаетъ и наше убѣжденіе въ томъ, что мы скорѣе можемъ положиться на постоянство парижскаго образцоваго метра или легче можемъ опредѣлить его измѣненія, чѣмъ найти возможныя измѣненія размѣровъ земли. Желая имѣть единицу времени, болѣе отвѣчающую требованію о неизмѣняемости чѣмъ та, какую представляетъ изъ себя продолжительность истинныхъ солнечныхъ сутокъ, остановились на суточномъ обращеніи земли вокругъ ея оси. Этотъ промежутокъ времени опредѣляется наблюденіемъ двухъ послѣдовательныхъ прохожденій неподвижной звѣзды черезъ нѣкоторую, неизмѣнно связанную съ земнымъ шаромъ, плоскость, при условіи, что за это время сама неподвижная звѣзда своего положенія въ пространствѣ не мѣняетъ. Но наблюденіе намъ показываетъ, что въ міровомъ механизмѣ все подвержено перемѣнамъ, и потому мы не удивимся, узнавъ, что и неподвижныя звѣзды, правда очень медленно, измѣняютъ свои мѣста на небѣ. Въ силу этого намъ остается одно: произвести рядъ наблюденій надъ звѣздами, находящимися въ разныхъ мѣстахъ вселенной и въ то же время допустить, что каждая изъ звѣздъ имѣетъ свое собственное движеніе; тогда ошибки отдѣльныхъ движеній въ среднемъ взаимно сократятся. На опредѣленной такимъ путемъ продолжительности этихъ, какъ ихъ называютъ, звѣздныхъ сутокъ, строится наша система измѣренія времени. Но въ видахъ согласованія ея съ ходомъ гражданской жизни, приняли за единицу времени такъ называемыя среднія солнечныя сутки; между ними и звѣздными сутками существуетъ чисто математическое соотношеніе.

До тѣхъ поръ, пока въ основу своихъ измѣреній времени мы кладемъ со всей строгостью эту „естественную мѣру“, мы лишены возможности даже когда-либо впослѣдствіи удостовѣриться, существуютъ ли какія-нибудь измѣненія продолжительности обращенія земли вокругъ своей оси, то есть длины звѣздныхъ сутокъ, измѣненія преходящія или непрерывныя.

Однако рядъ фактовъ, добытыхъ астрономами, говоритъ въ пользу того, что времена оборотовъ всѣхъ планетъ постепенно уменьшаются, а продолжительность дня благодаря этому, правда, необычайно медленно, укорачивается. Въ силу то этого во всѣ наши измѣренія времени должна войти постоянная ошибка. И если эта ошибка совершенно неощутима при тѣхъ промежуткахъ времени, въ теченіи которыхъ совершаются процессы физическіе и химическіе, то за цѣлыя тѣсячелѣтія, за все то время, что у насъ есть записи объ извѣстныхъ астрономическихъ явленіяхъ, онѣ могутъ стать замѣтными. Если силы природы, обусловливающія эти явленія на небесномъ сводѣ, въ особенности же тяготѣніе, постоянны или если онѣ и измѣняются, но такъ, что эти измѣненія, возрастая съ теченіемъ времени, ничѣмъ о себѣ не заявляютъ, то мы заключаемъ, что испытываетъ измѣненія наша мѣра времени. Но говоря это, мы дѣлаемъ допущеніе, справедливость котораго еще нужно доказать. Изъ этого разбора вопроса объ основной мѣрѣ времени, мы видимъ, что было бы очень желательно сдѣлать и эту мѣру, поскольку это возможно, независимой отъ величинъ, взятыхъ изъ природы, какъ это уже сдѣлано по отношенію къ мѣрѣ длины. Для всѣхъ тѣхъ точныхъ измѣреній времени, какія будутъ приниматься въ разсчетъ и дальше въ теченіе многихъ столѣтій, было бы дѣломъ первой важности соорудить нормальные часы, съ помощью которыхъ можно было бы закрѣпить неизмѣнно любую мѣру времени. Разумѣется, такой приборъ построить гораздо труднѣе, чѣмъ мѣру длины. Положить начало сооруженію такого прибора можно слѣдующимъ образомъ. Въ астрономическихъ обсерваторіяхъ, раскинутыхъ въ разныхъ мѣстахъ земли, выбираютъ

тѣ часы, пружинные или съ маятникомъ, которые работаютъ наиболѣе безупречно. Показанія этихъ инструментовъ сравниваютъ съ показаніями звѣздъ; такимъ путемъ опредѣляютъ такъ называемую „ошибку часовъ". Затѣмъ производятъ тѣ же измѣренія, но въ обратномъ порядкѣ: при этомъ на полученный остатокъ смотрятъ не какъ на ошибку часовъ, но какъ на ошибку въ нашихъ предположеніяхъ о неизмѣнности продолжительности сутокъ или тяготѣнія, вліяніе которыхъ оказывается на всѣхъ часахъ земли одинаково или разно, при чемъ въ послѣднемъ случаѣ эту разницу можно опредѣлить. Далѣе, можно предположить, что недочеты, свойственные каждымъ отдѣльнымъ часамъ, находящимся въ разныхъ мѣстахъ земли, не могутъ быть подведены подъ законъ до тѣхъ поръ, пока искомыя вліянія перемѣнныхъ силъ природы не приняты въ разсчетъ. Среднее, взятое изъ весьма большого числа показаній часовыхъ механизмовъ, будетъ, очевидно, свободно отъ этихъ „ошибокъ часовъ", потому что каждая изъ нихъ равно вѣроятно увеличиваетъ или уменьшаетъ конечный результатъ.

Короче говоря, наше довѣріе скорѣе на сторонѣ средней величины, взятой изъ показаній всѣхъ этихъ построенныхъ съ помощью человѣческаго искусства измѣрителей времени, чѣмъ тѣхъ показаній, какія даетъ намъ небесный сводъ. Несоотвѣтствія между обоего рода показаніями, постоянныя или происходящія по извѣстному закону, мы отнесемъ на счетъ измѣненій, происшедшихъ въ употреблявшейся до того мѣрѣ времени.

Мы вдались здѣсь въ извѣстныя подробности въ виду того, что на нихъ съ большой отчетливостью можетъ быть уясненъ тотъ пріемъ изслѣдованія, который имѣетъ глубокое значеніе при установленіи истины, особенно же при изученіи любой области природы. Этотъ пріемъ основывается на такъ называемомъ законѣ большихъ чиселъ. Смыслъ этого закона тотъ, что показанію очень большого числа свидѣтелей, относительно которыхъ нельзя предположить, что они состоятъ во взаимномъ уговорѣ, можно придать больше довѣрія, чѣмъ идущему съ ними въ разрѣзъ показанію какого-нибудь одного свидѣтеля, хотя бы самъ онъ въ нравственномъ отношеніи стоялъ внѣ всякаго упрека. Каждый изъ большого числа свидѣтелей, взятый отдѣльно, можетъ или самъ ошибаться относительно подробностей, или ввести въ заблужденіе другихъ, но общее зерно показаній всѣхъ привлеченныхъ къ дѣлу свидѣтелей даетъ ту истину, какой только въ состояніи доискаться человѣкъ. При этомъ, чѣмъ больше тождественныхъ показаній, тѣмъ вѣроятнѣе установленный фактъ. Въ случаѣ повѣрки мѣры времени, разсмотрѣнномъ выше, намъ доподлинно извѣстна вся недостовѣрность нашихъ часовъ, этого несовершеннаго человѣческаго произведенія и удивительная равномѣрность небесныхъ движеній; но, съ другой стороны, причинная связь между всѣми часами міра, которой можно было бы объяснить тождественность ихъ уклоненій, мыслима лишь въ томъ случаѣ, если мы признаемъ тутъ участіе силъ природы. Ихъ показанію, идущему въ разрѣзъ съ подавляющимъ числомъ другихъ показаній, не слѣдуетъ придавать значенія уже потому, что въ данномъ случаѣ на скамьѣ подсудимыхъ находятся эти самыя силы природы, уличаемыя въ ихъ измѣняемости. Странно, какъ парадоксъ, звучитъ наше заявленіе, что то людское несовершенство, благодаря которому наши приборы полны неподдающихся опредѣленію ошибокъ, даетъ намъ надежное орудіе контроля надъ всемогущими силами природы. Чѣмъ больше будетъ наблюденій, тѣмъ вѣрнѣе будетъ результатъ нашего изслѣдованія; такъ какъ вѣроятность взаимнаго сокращенія положительныхъ и отрицательныхъ ошибокъ становится тѣмъ больше, чѣмъ больше войдетъ такихъ ошибокъ въ вычисленія.

c) Движеніе.

Съ помощью мѣръ длины и времени мы устанавливаемъ зависимость между измѣненіями движеній тѣлъ и дѣйствіями силъ природы. Измѣреніе движеній интересуетъ насъ въ особенности потому, что измѣненія мѣста тѣлъ, вслѣдствіе дѣйствія на нихъ силъ, представляютъ, очевидно, легчайшій путь къ измѣренію этихъ силъ и сравненію ихъ между собой.

Поэтому, мы должны теперь же съ самаго начала условиться о томъ, что мы будемъ подразумѣвать подъ понятіемъ—движеніе. Установить это понятіе далеко не такъ легко, какъ можетъ показаться на первый взглядъ, а между тѣмъ всякая неясность въ этомъ отношеніи можетъ внести непоправимую путаницу. Мы не будемъ обозначать величину движенія просто, какъ измѣренное единицей длины измѣненіе положенія точки въ теченіе опредѣленнаго промежутка времени, измѣреннаго единицей времени, хотя, по большей части, даютъ именно это опредѣленіе. Это опредѣленіе представляетъ абстракцію, которой на дѣлѣ примѣнить нельзя. Чтобы измѣрить именно это измѣненіе положенія точки, надо было бы точно установить мѣсто, откуда точка вышла въ началѣ своего движенія, для того, чтобы по окончаніи движенія можно было бы приложить мѣру длины къ пути между начальной и конечной точками. Но у насъ нѣтъ средствъ къ тому, чтобы закрѣпить точку, хотя бы даже на ничтожнѣйшую долю единицы времени такъ, чтобы она не имѣла абсолютно никакого движенія; и во всей вселенной мы не можемъ указать ни одной точки, которая находилась бы въ покоѣ въ теченіе короткаго, но измѣримаго промежутка времени. До тѣхъ поръ пока существуетъ такой порядокъ, — а это будетъ всегда, — намъ не удастся получить абсолютнаго движенія. Чтобы выяснить понятіе движенія относительнаго, — такія движенія нашему изслѣдованію только и доступны,—намъ придется сначала представить себѣ систему, состоящую изъ двухъ точекъ; обѣ находятся относительно другъ друга въ покоѣ, насколько вообще осуществимъ покой, такъ что разстояніе между ними не мѣняется. Теперь мы начинаемъ передвигать одну изъ этихъ точекъ и измѣряемъ это движеніе по отношенію къ другой, оставшейся въ покоѣ (по отношенію къ первоначальному положенію точки, пришедшей въ движеніе). Итакъ, при изученіи движенія приходится разсматривать всегда три точки: начальную точку, конечную точку и такъ называемую нулевую точку, отъ которой мы отмѣриваемъ положенія обѣихъ другихъ точекъ. Само собой разумѣется, эта нулевая точка можетъ совпадать съ одной изъ двухъ другихъ точекъ, — въ нашемъ опредѣленіи отъ этого ничего не измѣнится. Чтобы обслѣдовать проявленіе силы по наблюдаемому движенію, нужно, очевидно, опредѣлить не только величину движенія въ единицу времени, но и его направленіе. Потомъ надо постараться узнать, тянетъ ли сила наблюдаемое тѣло къ себѣ, или толкаетъ его отъ себя, или, наконецъ, если она производитъ движеніе въ сторону, каковъ наклонъ этого движенія по отношенію къ нѣкоторому направленію, принимаемому нами за постоянное. Такимъ образомъ, кромѣ нулевой точки, мы имѣемъ еще одинъ постоянный элементъ: нулевое направленіе. Пусть, напримѣръ, тѣло движется по прямой отъ a къ b. (см. чертежъ на стр. 17).

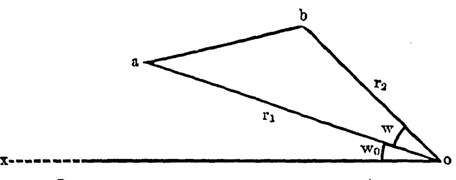
Раздѣливъ длину линіи на время, затраченное на это движеніе, мы получимъ среднюю скорость тѣла. Но эту длину можно измѣрить только въ томъ случаѣ, когда начальная точка движенія не измѣняетъ своего положенія; судить объ этомъ мы можемъ лишь путемъ сопоставленія ея съ нулевой точкой 0. Съ этой цѣлью мы проводимъ линію *oa*, которую въ этомъ случаѣ называютъ векторомъ *a*; мы обозначимъ его r_1. Подобнымъ образомъ мы проводимъ r_2 для точки *b*. Если оба этихъ вектора и уголъ *w* между ними извѣстны, то длину линіи *ab*, какъ извѣстно, можно опредѣлить изъ $\triangle$ *oab* вычисленіемъ. Уголъ *w* можно найти лишь тогда, когда можно сравнить начальное и конечное направленія съ постоянной, то есть не принимающей участія въ этомъ движеніи, линіей, напримѣръ, съ линіей *xo*. (Разумѣется, мы должны допустить, что встрѣчающіеся у насъ углы и длины представляютъ изъ себя абсолютныя величины лишь постолько, посколько ихъ единицы не мѣняютъ своихъ значеній. Недостовѣрность нашихъ угловыхъ измѣреній, такимъ образомъ, намъ прійдется отнести лишь на счетъ ошибокъ въ дѣленіяхъ тѣхъ инструментовъ, которыми мы пользовались, или приписать неуловимому перемѣщенію нулевого направленія во время движенія). Уголъ w_0, заключенный между нулевымъ направленіемъ *ox* и начальнымъ направленіемъ *oa*, въ частномъ случаѣ можетъ равняться нулю. Но это каждый разъ слѣдуетъ указать.

Движенія, измѣренныя по отношенію къ нулевому направленію, которое предполагается неподвижнымъ, бываютъ различнаго характера. Простѣйшее изъ нихъ — движеніе прямолинейное.

Въ этомъ случаѣ, тѣло пробѣгаетъ разстояніе между начальной и конечной точками кратчайшимъ путемъ. Для всѣхъ частей этого разстоянія отношеніе пути ко времени имѣетъ одну и ту же постоянную величину. Если мы назовемъ путь, проходимый за время t черезъ s, то это условіе мы обозначимъ такимъ уравненіемъ, s / t = постоянной.

Если бы мы могли каждый разъ опредѣлить положеніе всѣхъ тѣлъ другъ относительно друга, мы тѣмъ самымъ пришли бы къ полному рѣшенію поставленныхъ нами задачъ; въ самомъ дѣлѣ, мы увидимъ дальше, что и извѣстныя измѣненія состоянія, напримѣръ, измѣненія температуры или измѣненія цвѣта, могутъ быть сведены, въ сущности, къ измѣненію различныхъ движеній.

Если предположить простѣйшій, допускаемый нашимъ мышленіемъ, случай, а именно, что движенія всѣхъ тѣлъ прямолинейны и равномѣрны, то стоитъ опредѣлить для каждаго изъ такихъ движеній по пяти постоянныхъ величинъ, и мы будемъ имѣть, какъ это легко показать, полную картину всѣхъ состояній природы, будемъ понимать ихъ сущность. На самомъ дѣлѣ міръ устроенъ не такъ просто. При болѣе подробномъ изученіи оказывается, что большинство движеній — движенія перемѣнныя какъ по величинѣ, такъ и по направленію. Для того случая, когда эти измѣненія въ движеніи и направленіи подчинены извѣстному закону, къ тѣмъ пяти постояннымъ, о которыхъ мы говорили, приходится прибавить еще другія величины. Все изученіе природы сводится къ отысканію этихъ величинъ; въ предѣлахъ же области явленій, выдѣленной нами выше, опредѣленіе такихъ постоянныхъ составляетъ задачу нашего труда.



Векторы и нулевое направленіе.

Всѣ эти найденныя нами величины, какъ мы уже раньше показали, носятъ характеръ относительный, потому что основная плоскость, нулевое направленіе и. т. п., выбранныя въ каждомъ отдѣльномъ изслѣдованіи произвольно, вовсе не должны непремѣнно находиться въ покоѣ. Допустимъ, что мы изучаемъ въ своей лабораторіи паденіе тѣла. За основную плоскость можно было бы принять въ данномъ случаѣ столъ, на которомъ мы производимъ свой опытъ. Для насъ совершенно ясно, что этотъ столъ совершаетъ движенія, что онъ, напримѣръ, въ 24 часа описываетъ кругъ около нѣкоторой точки земной оси. Тѣмъ не менѣе, мы можемъ этого движенія въ разсчетъ совершенно не принимать, лишь бы выполнялось одно условіе: надо, чтобы всѣ взятыя нами тѣла во время опыта сохраняли свое положеніе по отношенію къ землѣ. Но во всей строгости удовлетворить этому требованію нельзя уже потому, что разстояніе падающаго тѣла отъ земли постоянно измѣняется. Если опытъ производятъ въ небольшихъ размѣрахъ, вліяніе этого измѣненія при нашихъ измѣрительныхъ методахъ по своей малости неощутимо. Но оно даетъ себя знать, когда мы производимъ опытъ въ глубокой шахтѣ или съ высокой башни: тогда падающее тѣло уклоняется отъ отвѣса въ сторону вращенія земли. Если бы мы пожелали опредѣлить это вліяніе, какъ слѣдуетъ, намъ, очевидно, пришлось бы за основную плоскость выбрать ту, которая отъ вращенія земли не зависитъ. Такую плоскость мы можемъ провести, напримѣръ, черезъ земной экваторъ, принявъ за нулевое направленіе прямую, идущую отъ центра земли къ какой-нибудь неподвижной звѣздѣ. Но для того, чтобы отнести наблюденія, произведенныя по отношенію къ плоскости, выбранной прежде, къ новой плоскости, необходимо имѣть передъ глазами точную картину измѣненія положенія послѣдней по отношенію къ первой, что можно сдѣлать съ помощью астрономическихъ наблюденій. Тогда говорятъ, что наблюденія, отнесенныя къ одной системѣ координатъ, мы преобразовали къ другой системѣ. Далѣе ока-

залось, что и вообще всѣ тѣла въ міровомъ пространствѣ оказываютъ притягательныя дѣйствія, чтó мы усматриваемъ уже въ явленіи приливовъ и отливовъ. Въ силу этого, движеніе шара, падающаго съ башни, должно зависѣть отъ солнца, луны и прочихъ небесныхъ свѣтилъ.

Чтобы узнать и измѣрить ихъ дѣйствіе, мы должны еще разъ перейти къ другой системѣ координатъ такъ, чтобы эта новая система уже не зависѣла отъ движенія земли вокругъ солнца. Мы проводимъ основную плоскость черезъ земную орбиту и центръ солнца, а за нулевое направленіе принимаемъ прямую, проходящую черезъ центръ солнца и какую-нибудь неподвижную звѣзду. Движенія нашего лабораторнаго стола по отношенію къ этой новой системѣ координатъ уже очень сложны, но мы еще въ состояніи разобраться въ нихъ путемъ вычисленій. Наши сужденія о подобныхъ движеніяхъ находятся уже почти на предѣлѣ достовѣрности, но астрономы, пользуясь очень сложными способами, выяснили, что солнце со всѣми небесными свѣтилами, связанными съ нимъ силой его притяженія, обладаетъ, какъ цѣлое, весьма значительнымъ поступательнымъ движеніемъ, величину и направленіе котораго мы можемъ опредѣлить лишь по приближенію. Это движеніе совершается уже по отношенію къ свѣтиламъ, раскинутымъ по небесному своду.

Историческій ходъ нашего ознакомленія съ явленіями природы требовалъ отъ насъ, чтобы мы предоставляли системѣ координатъ все большіе и большіе размѣры и выбирали ее такъ, чтобы она не зависѣла отъ движеній, совершающихся по близости отъ насъ. По мѣрѣ того, какъ изслѣдованіе небесныхъ пространствъ подвигалось впередъ, узнавали, что та или другая система тѣлъ, отдѣльныя части которой, казалось, находились въ покоѣ другъ относительно друга, на самомъ дѣлѣ движется, какъ часть той большей системы, къ которой она принадлежитъ. Поэтому весьма вѣроятно, что всѣ тѣ свѣтила, какія мы видимъ теперь или будемъ видѣть при другомъ уровнѣ нашихъ знаній, совершаютъ нѣкоторое общее движеніе въ томъ мірѣ, о которомъ мы ничего не знаемъ. И если мысленно замѣтить мѣсто въ пространствѣ, гдѣ въ извѣстный, неизмѣримо короткій, промежутокъ времени находилось какое-нибудь тѣло, то спустя нѣкоторый измѣримый промежутокъ времени будетъ совершенно невозможно указать даже приблизительно, въ какомъ направленіи и какъ далеко отъ своего прежняго положенія удалилось это тѣло. И, несмотря на такое полное невѣдѣніе, мы можемъ сказать, что двѣ части этого тѣла, которыя находятся въ покоѣ другъ относительно друга, удалятся отъ своихъ прежнихъ мѣстъ на одинаковыя, хотя и неизвѣстныя намъ разстоянія. Эта неизвѣстная величина на наши заключенія не вліяетъ и въ нашихъ выкладкахъ исключается.

Такъ какъ величины и направленія истиннаго движенія тѣла опредѣлить нельзя, то нѣкоторые естествоиспытатели въ своемъ отрицаніи зашли такъ далеко, что стали вообще сомнѣваться въ существованіи абсолютныхъ движеній. Мы усматриваемъ здѣсь внутреннее противорѣчіе. Разъ подъ абсолютнымъ движеніемъ мы подразумѣваемъ нѣчто такое, что есть движеніе по своему существу, то, признавая движеніе относительное, мы признаемъ въ то же время и существованіе движенія абсолютнаго.

Другое дѣло, когда мы спросимъ себя, нѣтъ ли средствъ и путей къ тому, чтобы узнать что-нибудь о движеніи, не имѣя въ своемъ распоряженіи прямой, идущей отъ движущагося тѣла къ какой-нибудь точкѣ, лежащей внѣ его. Мы говоримъ тутъ о движеніяхъ уже болѣе высокаго порядка, чѣмъ тѣ, какія опредѣляютъ путемъ прямого измѣренія; мы подходимъ тутъ къ вопросу объ абсолютномъ движеніи такъ близко, какъ это только возможно.

Чтобы разобраться въ этомъ, нарисуемъ себѣ слѣдующую картину. Воздушный шаръ плаваетъ посреди облака; тутъ нельзя найти для опредѣленія движенія шара ни одной неподвижной точки: если бы этотъ шаръ, напримѣръ, сталъ вращаться, то обнаружить это вращеніе какимъ-нибудь геометрическимъ построеніемъ не было рѣшительно никакой возможности. Но въ то же время мы въ состояніи сдѣлать заключеніе объ этомъ вращательномъ движеніи, исходя изъ наблюденій надъ пред-

метами, находящимися въ лодкѣ шара; центробѣжная сила заставляетъ ихъ удаляться отъ центра лодки; мы могли бы даже вычислить скорость этого вращательнаго движенія. Въ той части міра, которая намъ видима, своимъ положеніемъ мы напоминаемъ пассажировъ нашего шара. За предѣлами извѣстнаго намъ міра, быть можетъ, лежитъ міръ столь же необъятный, какъ необъятна земля по отношенію къ нашему шару. Но дѣлая это сравненіе, мы упускаемъ изъ виду, что движеніе шара мы обнаруживаемъ, примѣняя открытія, сдѣланныя въ мірѣ, находящемся внѣ шара, изъ котораго мы ихъ и взяли. Будь это невозможно, находясь на шарѣ, представляющемъ весь извѣстный намъ міръ, мы приписали бы это стремленіе всѣхъ тѣлъ на шарѣ отлетать отъ его оси какому-нибудь общему свойству матеріи, свойству того же рода, что и всемірное тяготѣніе, но только производящему дѣйствіе обратное, — отталкивающее.

d) Сила и матерія.

Мы видѣли, какъ простое движеніе можетъ произвести впечатлѣніе силы, которая какъ бы излучается изъ нѣкотораго центра по извѣстному закону. Не надо только видѣть въ этомъ замѣчаніи какого-нибудь опредѣленія центробѣжной силы, причиной которой является, конечно, движеніе. Интересъ представляетъ здѣсь то, что, пока мы находимся въ предѣлахъ опыта, отведенныхъ намъ нашимъ примѣромъ, намъ кажется, что непосредственно изъ матеріи дѣйствуетъ сила, которая, повидимому, ни отъ чего другого не зависитъ; но лишь только наши свѣдѣнія о мірѣ расширяются, мы можемъ объяснить эту силу нѣкоторымъ общимъ движеніемъ знакомой намъ матеріи, которое совершается по извѣстному закону. Веществу, какъ таковому, возникновенія этой силы мы уже не припишемъ.

Нашъ разборъ привелъ насъ къ вопросу о томъ, какія вообще свойства слѣдуетъ приписывать веществу, какъ таковому. Этотъ вопросъ, наряду съ вопросами о сущности пространства и времени, былъ изслѣдованъ философами съ большимъ остроуміемъ. Но мы желаемъ оставаться на почвѣ наблюдаемыхъ фактовъ, насколько это окажется возможнымъ, и потому для насъ вещество, какъ таковое, есть не что иное, какъ одна изъ ряда буквъ, служащихъ для выраженія міровыхъ явленій; это—буква, которой не отвѣчаетъ какое-нибудь готовое понятіе, и нѣкоторое опредѣленное представленіе она вызываетъ лишь въ связи съ другими буквами, на которыя намъ приходится разлагать, по необходимости, и вещи, и явленія. Мы познаемъ вещество только по его дѣйствіямъ на предметы, находящіеся внѣ его; причины этихъ дѣйствій мы называемъ его силами. Одно внѣ другого нельзя разсматривать: лишите вещество дѣйствія, и оно для насъ не существуетъ, а сила, дѣйствіе которой исходитъ изъ несуществующаго, противорѣчитъ основнымъ представленіямъ нашего мышленія; къ тому же это никогда не наблюдается. Итакъ оба явленія другъ отъ друга совершенно неотдѣлимы, и противъ тѣхъ, кто утверждаетъ, что сила и матерія, вообще говоря, тождественны, нельзя выставить ни одного сколько-нибудь серьезнаго возраженія. Въ самомъ дѣлѣ, если перестать приписывать веществу, какъ это дѣлали раньше, цѣлый рядъ явленій на томъ основаніи, что эти явленія—силы природы, то и непроницаемость, это единственное еще несомнѣнное свойство вещества, можетъ быть истолковываемо, какъ нѣкоторая сила; можно допустить, что на поверхности абсолютно твердаго тѣла дѣйствуетъ сила, которая превосходитъ любое изъ приложенныхъ къ нему извнѣ давленій и направлена въ противоположную сторону. Признавая за этимъ объясненіемъ остроуміе, мы не станемъ подвергать его дальнѣйшему обсужденію, такъ какъ для нашихъ цѣлей оно особаго значенія не имѣетъ. Въ нашемъ разговорномъ языкѣ понятіе о веществѣ есть просто необходимая абстракція, но въ мірѣ явленій мы можемъ считать вещество не болѣе реальнымъ, чѣмъ движеніе. Мы говоримъ о движеніи точки, а на самомъ дѣлѣ движутся только тѣла, и, не будь тѣлъ, не было бы и движенія.

Итакъ можно дать веществу, какъ таковому, придуманное, не отвѣчающее дѣйствительности опредѣленіе; такого рода опредѣленіе даютъ точкѣ и, подобно всѣмъ геометрическимъ абстракціямъ, оно можетъ быть употребляемо съ большой

пользой для мышленія. Вещество мы будемъ представлять себѣ совершенно отвлеченно: для насъ вещество есть то, что совершенно заполняетъ пространство, нѣчто, другихъ свойствъ не имѣющее, или, лучше сказать прямо,—ничто, и оно обладаетъ лишь тѣмъ однимъ свойствомъ, что на его мѣстѣ, обнимающемъ извѣстную часть пространства, не можетъ въ то же время находиться ничего другого.

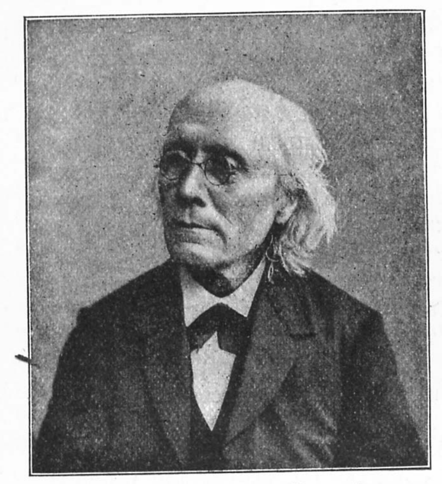
Несравненно болѣе важенъ другой вопросъ, а именно: наполняютъ ли пространство видимыя нами вещества, эти носители силъ природы, такъ, какъ это кажется нашему глазу. Въ настоящее время это основной вопросъ современнаго ученія о происхожденіи явленій природы. Тридцать, сорокъ лѣтъ тому назадъ, когда еще жилъ геніальный Фехнеръ (см. его портретъ), этотъ вопросъ произвелъ расколъ въ средѣ физиковъ и другихъ естествоиспытателей, которые распались на два лагеря: динамистовъ и атомистовъ. Въ пользу динамистовъ на каждомъ шагу говорило наблюденіе. Когда мы видимъ, какъ кусокъ свинца раздвигается подъ долотомъ, по которому ударяютъ молоткомъ, и позволяетъ ему войти въ себя, мы въ правѣ сказать, что заполняющая пространство сила (твердость, плотность) свинца меньше силы желѣза и при достаточно сильномъ давленіи желѣза должна уступить ему свое мѣсто. Напротивъ того, атомисты утверждають что всѣ тѣла состоятъ изъ отдѣленныхъ другъ отъ друга мельчайшихъ частицъ, атомовъ, между которыми во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда тѣла не абсолютно тверды (а стало быть, и въ наблюдаемыхъ нами состояніяхъ) остаются промежутки. Этимъ атомамъ силы природы сообщили движенія, причемъ они движутся другъ около друга на подобіе міровыхъ тѣлъ, описывающихъ одно около другого кругообразныя движенія. Въ наше время физиковъ, не довѣряющихъ тому, что тѣло состоитъ изъ отдѣльныхъ атомовъ, найдется немного. Тѣмъ не менѣе для насъ представляетъ извѣстную выгоду сперва изучить явленія съ устарѣлой точки зрѣнія динамистовъ,—къ ней приводитъ насъ сама очевидность,—и тѣмъ отдать ей извѣстнаго рода признаніе, а потомъ уже подъ давленіемъ непреложныхъ фактовъ перейти на сторону того воззрѣнія, которое на первый взглядъ дѣйствительно кажется мало вѣроятнымъ.



Г. Т. Фехнеръ. Изъ книги Веркмейстера.

На какія бы малыя части мы мысленно ни разлагали матерію, разъ онѣ производятъ измѣримыя дѣйствія, то теоретически онѣ должны оставаться и сами измѣримыми. Поэтому, наше отвлеченное представленіе о веществѣ согласуется скорѣе съ атомистическимъ воззрѣніемъ, чѣмъ съ динамическимъ. Ибо, по динамическому воззрѣнію, вообще нѣтъ тѣлъ, которыя въ точномъ смыслѣ слова наполняли бы пространство, т. е. тѣлъ абсолютно-твердыхъ. Тѣло можно всегда подвергнуть дальнѣйшему дѣленію; понятіе вещества становится тутъ какъ бы болѣе растяжимымъ. Напротивъ того, атомистъ долженъ допустить, что его мельчайшія частицы вещества не дѣлятся далѣе подъ вліяніемъ извѣстныхъ намъ силъ природы, а стало быть, наполняютъ въ истинномъ смыслѣ этого слова пространство. Онѣ обладаютъ только тѣмъ свойствомъ, что приходятъ въ движеніе, сообщенное имъ непосредственно ударами другихъ атомовъ, и это-то движеніе атомовъ, и вызываетъ явленія природы. Рѣшить, какое изъ этихъ двухъ воззрѣній правильно, можно лишь на основаніи изученія очень большого числа явленій. То воззрѣніе, которымъ можно будетъ объяснить въ подробностяхъ большую часть явленій при наименьшемъ числѣ допущеній, мы должны будемъ признать заслуживающимъ большаго довѣрія.

Различіе этихъ двухъ основныхъ воззрѣній на строеніе матеріи представлено очень хорошо Фехнеромъ въ его „Ученіи объ атомахъ“:



Г. Т. Фехнеръ. Изъ книги Веркмейстера.

„Издалека лѣсъ рисуется нашему глазу въ видѣ однородной массы. Предположимъ, что смотрятъ на лѣсъ, не зная, что это такое, и стараются составить себѣ понятіе о немъ по его внѣшнему виду. Общее впечатлѣніе о стволахъ и листьяхъ составляется по цѣлому ряду отчетливыхъ явленій, каковы: окраска, колыханье, когда дуетъ вѣтеръ, шелестъ; но для оцѣнки этихъ явленій почти безразлично, смотримъ ли мы на лѣсъ, какъ на нѣчто непрерывное, или нѣтъ; мало того, такъ какъ онъ и въ самомъ дѣлѣ представляется непрерывнымъ, должно, очевидно, получить перевѣсъ мнѣніе о его непрерывности. Допустимъ далѣе, что мы усмотрѣли въ этомъ полосатомъ предметѣ намекъ на то, что есть отдѣльные стволы, что мы увидали, какъ звѣри входятъ въ лѣсъ и въ немъ исчезаютъ, — это напомнило бы намъ то, какъ исчезаютъ въ жидкостяхъ растворяющіяся въ нихъ тѣла. Поэтому, ничто не заставляетъ насъ думать, что при ближайшемъ разсмотрѣніи наше предположеніе о раздѣльности лѣса превратится въ увѣренность и что, на самомъ дѣлѣ, одни предметы проходятъ между частями другого, а не проникаютъ въ него; ничто также не заставляетъ насъ отказаться отъ своей вѣры въ ту непосредственную очевидность, согласно которой лѣсъ, подобно жидкости, представляется неимѣющимъ разрывовъ, и физикъ можетъ сдѣлать это меньше, чѣмъ кто-либо другой. Допустимъ, что съ помощью тонкихъ наблюдательныхъ орудій физику удалось бы различить сотрясенія, которыя возникаютъ, благодаря ударамъ о воздухъ, листьевъ, не представляющихъ изъ себя чего-то сплошного, потоки волнъ, которые образуются, когда вѣтеръ проходитъ между стволами; для объясненія этого, ему пришлось бы на самомъ дѣлѣ мысленно разложить листву, эту зеленую массу, которая кажется сплошной, на отдѣльныя трепещущія части, а слитую изъ дерева массу—на отдѣльные стволы. Такое тонкое изслѣдованіе могло бы имѣть значеніе безусловно рѣшающее, но оно недоступно каждому; большинство людей этой областью тонкихъ наблюденій не занимается и потому не всегда можетъ принять ея выводы; имъ кажется проще и естественнѣе оставаться при томъ, что они видятъ непосредственно и что въ свое время имѣло столь хорошее объясненіе. Приблизительно въ такомъ положеніи находится и вопросъ объ „атомистическомъ ученіи“.

Мы указали уже выше, что, по ученію объ атомахъ, силу разсматриваютъ, какъ результатъ движенія атомовъ. Наоборотъ, динамизмъ приписываетъ каждому веществу различныя силы въ различныхъ степеняхъ и объясняетъ ими, насколько это удается, всѣ дѣйствія на другія вещества. Природа силы, по каждому изъ этихъ двухъ воззрѣній, имѣетъ свой особый, въ основѣ своей различный характеръ. По взглядамъ динамистовъ, сила излучается черезъ пустое пространство, — промежуточныхъ же дѣйствій между двумя тѣлами, изъ которыхъ одно обусловливаетъ дѣйствіе, а другое его испытываетъ, нѣтъ. Подобное допущеніе дѣлаютъ и теперь, за недостаткомъ болѣе точныхъ свѣдѣній, когда говорятъ о силѣ тяжести: раньше такимъ путемъ объясняли электричество, магнитизмъ, свѣтъ, тепло и даже звукъ, возвращаясь такимъ образомъ къ воззрѣніямъ прежняго времени, еще не въ достаточной мѣрѣ провѣреннымъ опытомъ. Согласно этому взгляду, сила въ каждый моментъ какъ бы вырабатывается въ тѣлѣ, ибо, сколько бы разъ земля ни притягивала камень, она будетъ оказывать притяженіе и дальше съ той же неуменьшенной силой, равнымъ образомъ горячее тѣло вѣчно удерживало бы свою теплоту, если-бъ оно не испытывало противоположнаго дѣйствія со стороны силы, подъ которой, съ точки зрѣнія динамиста, слѣдуетъ подразумѣвать холодъ. Но несмотря на то, что за это воззрѣніе, какъ мы уже сказали, говоритъ сама очевидность, оно стоитъ все же ниже другого, которое проще, понятнѣе, нагляднѣе. Мы можемъ себѣ представить лишь съ весьма большимъ трудомъ, что проявляющая себя сила сама собой творится и безъ участія чего бы то ни было передается черезъ пустое пространство. Воззрѣніе атомистовъ во всѣхъ отношеніяхъ проще. Оно стоитъ въ непосредственной связи съ главнымъ основнымъ закономъ, устанавливающимъ при равенствѣ причинъ и равенство дѣйствій. Единственно, что оно предполагаетъ, это то, что атомы въ тѣлахъ были съ самаго начала въ движеніи, все равно, какъ мы видимъ движущимися съ самаго зарожденія человѣче-

скихъ знаній всѣ тѣла. Затѣмъ идетъ допущеніе, понятное безъ особыхъ разъясненій: тамъ, гдѣ находится малѣйшая, не дѣлимая далѣе, частица матеріи, атомъ, не можетъ находиться ничего другого, и при столкновеніи съ другимъ атомомъ, обладающимъ бо́льшей скоростью, первый атомъ долженъ уступить ему это мѣсто. Благодаря этому, возникаютъ различныя группировки атомовъ, которыя вызываютъ въ другихъ встрѣчающихся съ ними группировкахъ тѣ или другія движенія. Этимъ путемъ можно будетъ мало-по-малу найти объясненіе всѣхъ явленій природы. Передъ нашими глазами проходитъ рядъ смѣняющихъ другъ друга причинъ и дѣйствій, который оканчивается послѣдней причиной; эту послѣднюю причину можно отодвигать все дальше и дальше, но въ концѣ концовъ она должна быть и должна представлять изъ себя нѣкогда возникшее движеніе частицъ. Чтобы придать этому предположенію, насколько это мыслимо, всю возможную простоту, мы допустимъ, что это движеніе всѣхъ частей охватываемаго нашимъ кругозоромъ міра есть движеніе равномѣрное и прямолинейное. И если бы мы захотѣли, мы могли бы прибавить, что движеніе это сообщено нашему міру міромъ, лежащимъ за предѣлами познаваемаго нами, сообщено на подобіе того, какъ это дѣлаемъ мы, когда приводимъ въ движеніе какое-нибудь тѣло у себя въ лабораторіи. Такимъ образомъ мы отнесли конечную причину въ область, еще болѣе далекую.

Но само собой разумѣется, что, несмотря на всю подкупающую простоту этихъ допущеній, атомистическому ученію не слѣдуетъ давать дальнѣйшаго хода, разъ съ помощью его нельзя будетъ объяснить по меньшей мѣрѣ тѣхъ явленій, какія объясняются динамической гипотезой, принимающей дѣйствія на разстояніи за нѣчто дѣйствительное.

Не сдѣлавъ дальнѣйшихъ допущеній, мы не можемъ высказать сколько-нибудь правильнаго, рѣшающаго сужденія о природѣ силы; такое опредѣленіе силы можно установить лишь по окончаніи всего предпринятаго нами въ этомъ сочиненіи изслѣдованія. Теперь же мы укажемъ лишь на возможность разграниченія силъ природы по ихъ дѣйствію, — по внѣшнему виду; мы получаемъ двѣ съ виду очень непохожихъ другъ на друга группы: къ одной относятся дѣйствія на разстояніи, дѣйствительныя или кажущіяся, къ другой — дѣйствія, которыя могутъ протекать лишь при фактическомъ или кажущемся, но непосредственномъ соприкосновеніи частицъ вещества.

Разсматривая нѣкоторые случаи дѣйствія силъ на разстояніи, напримѣръ, дѣйствіе свѣта, естествоиспытатели постоянно приходили къ выводу, не противорѣчащему динамическому воззрѣнію, говоря, что такія дѣйствія совершаются при посредствѣ чего-то промежуточнаго, въ нашемъ случаѣ находящагося между свѣтящимся и освѣщеннымъ тѣломъ. Тогда придумали—и, надо сознаться, весьма неудачно,—понятіе о т. н. невѣсомыхъ, то есть о веществахъ, не имѣющихъ вѣса,—понятіе, теперь почти окончательно исчезнувшее изъ современной физики. Такое невѣсомое и невидимое вещество для насъ ничуть не понятнѣе дѣйствій на разстояніи, которыя имъ предполагалось замѣнить. Такъ что мы замѣнили непонятное непонятнымъ же; по взгляду, принятому теперь, эта посредствующая стихія, или, какъ говорятъ, міровой эфиръ, состоитъ изъ мельчайшихъ частицъ, еще болѣе мелкихъ, чѣмъ атомы вещества обыкновеннаго, и только недостаточная выработанность нашихъ методовъ изслѣдованія вынуждаетъ насъ считать ихъ невѣсовыми и невидимыми, — на самомъ дѣлѣ это не такъ. Но посмотримъ, не попадаемъ ли мы здѣсь въ логическій кругъ: если свѣтъ распространяется при помощи эѳира, такъ что это дѣйствіе передается отъ одной частицы къ другой, пока, наконецъ, не доходитъ до нашей сѣтчатки, то сами эти частицы, пока выполняютъ дѣйствіе передачи, должны оставаться безусловно невидимыми, такъ какъ другого посредника, который могъ бы передать исходящій отъ нихъ свѣтъ, нѣтъ. Въ силу того же соображенія эти частицы, передавая дѣйствіе силы тяжести, сами не могутъ быть вѣсомы. Выражаясь болѣе точно, мы сказали бы, что атомы эѳира были бы и вѣсомы, и видимы, если бы они находились въ покоѣ и вмѣсто нихъ другія частицы исполняли бы передачу сказанныхъ дѣйствій.

Поэтому для атомиста объясненіе невѣсомости и полной прозрачности эѳира затрудненій не представляетъ. Въ иномъ положеніи находится динамистъ. По динамическому воззрѣнію, эѳиръ есть нѣчто сплошное, что приводитъ въ связь всѣ тѣла, которыя сами по себѣ всегда обнаруживаютъ взаимныя притягательныя дѣйствія, и только эѳиру приходится отвести исключительное положеніе, которое является еще однимъ допущеніемъ въ придачу къ прежнимъ и допущеніемъ бездоказательнымъ, непонятной аксіомой.

e) Неизмѣримое.

Невѣсомыя приводятъ насъ къ болѣе общему вопросу; мы должны теперь выяснить взглядъ на понятіе о безконечности, которымъ при изученіи природы приходится пользоваться въ обоихъ его видахъ, то есть въ формѣ величинъ безконечно-большихъ и безконечно-малыхъ. Такъ, напримѣръ, невѣсомыя мы могли бы назвать безконечно-малыми по вѣсу. Но этими понятіями злоупотребляютъ слишкомъ часто, и потому мы должны выяснить ихъ себѣ теперь же.

Слѣдуя усвоенному нами началу, мы не введемъ въ свое разсужденіе ничего, что выходило бы за предѣлы нашего контроля, мы не станемъ говорить о величинахъ вполнѣ безконечныхъ, будь то величины безконечно-большія или малыя. Понять величину дѣйствительно безконечно-большую мы въ состояніи ничуть не лучше, чѣмъ совершенное ничто. Но намъ придется все-таки не разъ, особенно, когда мы говоримъ на языкѣ атомистическаго ученія, пользоваться, съ одной стороны, чѣмъ-то неизмѣримо-малымъ, съ другой стороны, чѣмъ-то неизмѣримо-большимъ, и въ настоящее время мы совершенно не можемъ обойтись безъ этихъ понятій. Мы уже теперь можемъ понять, что, если частицы эѳира неизмѣримо-малы и если онѣ, передавая дѣйствіе силы тяжести, приводятъ въ движеніе тѣло конечныхъ размѣровъ, напримѣръ, камень въ нашей рукѣ, то или такихъ частицъ должно упасть на камень неизмѣримо много, или, если число этихъ заразъ дѣйствующихъ мельчайшихъ частицъ можетъ быть названо, неизмѣрима велика должна быть сила, съ какой частицы двигаютъ этотъ камень.

Мы знаемъ изъ математики, что съ извѣстными предосторожностями можно вводить это понятіе неизмѣримо-малыхъ въ наши разсужденія и числовыя выкладки. Весьма обширная отрасль математическаго анализа, безъ которой многіе изъ процессовъ, какіе будутъ насъ интересовать впослѣдствіи, могли быть выражены въ числахъ лишь съ большимъ трудомъ, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ и совсѣмъ не могли бы, — исчисленіе безконечно-малыхъ основывается на вводимыхъ нами величинахъ, носящихъ на математическомъ языкѣ названіе „безконечно-малыхъ". Чистая математика, которой приходится, вообще говоря, имѣть дѣло съ одними абстракціями, можетъ ввести и понятіе безконечности, которую обозначаютъ знакомъ ∞; но, говоря о вопросахъ физики, слѣдуетъ предпочесть слово „неизмѣримый". Если математикъ имѣетъ право обращаться съ понятіемъ нуль, т. е. съ совершеннымъ ничто, то онъ въ правѣ употреблять и число безконечность, такъ какъ любое конечное число, будучи раздѣлено на нуль, дастъ ∞. Чтобы уяснить себѣ это, достаточно дать знаменателю произвольной дроби рядъ послѣдовательно уменьшающихся значеній. Возьмемъ, напримѣръ, рядъ такихъ отношеній: $2:3 = {}^2/_3$; $2:2 = 1$; $2:1 = 2$; $2:{}^1/_2 = 4$; $2:{}^1/_{1\cdot000\cdot000} = 2.000.000$; $2:0 = \infty$.

Теперь умножимъ обѣ части послѣдняго равенства на нуль, тогда получимъ $0 \times 2 : 0 = 0 \times \infty$. Въ лѣвой части сократимъ числитель и знаменатель на одно и то же число; тогда получимъ, что цѣлое конечное число произошло благодаря нѣкоторому сопоставленію безконечно малаго съ безконечно большимъ. Мы можемъ пояснить это произведеніе еще геометрически. Геометрическая точка измѣреній не имѣетъ, слѣдовательно она неизмѣрима, она—ничто. Но геометръ представляетъ себѣ линію, состоящей изъ точекъ, видя въ линіи образъ одного

измѣренія. Чтобы образовать линію конечной длины, скажемъ въ 2 сантиметра, должно расположить рядомъ одну возлѣ другой безконечно-большое число точекъ. Въ самомъ дѣлѣ, будь число точекъ, хотя и очень велико, но все же, конечно, мы могли бы всегда найти протяженіе точки, раздѣливъ 2 сантиметра на число точекъ. Но такого рода точка противорѣчила бы опредѣленію точки. Безконечно малое, повторенное безконечно большое число разъ, въ математическомъ смыслѣ даетъ конечную величину.

Въ своихъ абстракціяхъ физикъ не имѣетъ права заходить такъ далеко. Его атомы не точки, такъ какъ они должны занимать извѣстное пространство, размѣры котораго въ настоящее время даже могутъ быть съ извѣстнымъ приближеніемъ выражены въ доляхъ метра; но къ этому мы еще возвратимся. Кривая, по которой падаетъ на землю брошенный камень, образуется подъ вліяніемъ совокупнаго дѣйствія мгновенной проявляющейся на подобіе толчка метательной силы и притягательной силы земли; если эта притягательная сила въ свою очередь слагается изъ цѣлаго безконечно большого ряда ударовъ атомовъ о камень, ударовъ, совершающихся въ неизмѣримо малые промежутки времени, то камень будетъ двигаться вовсе не по равномѣрно искривленной линіи, въ данномъ случаѣ параболѣ, какую чертятъ математики, исходящіе изъ своихъ абстрактныхъ предположеній о безконечности, а по нѣкоторой ломаной линіи, состоящей изъ неизмѣримо часто смѣняющихъ другъ друга колѣнъ. Мы ничуть не сомнѣваемся (хотя, насколько намъ извѣстно, въ отчетливой формѣ это соображеніе не было выражено нигдѣ), что разработанное съ такимъ необычайнымъ остроуміемъ исчисленіе безконечно-малыхъ, въ которомъ физики готовы видѣть при изслѣдованіи самыхъ тонкихъ теоретическихъ вопросовъ орудіе совершенно точной передачи того, что совершается на самомъ дѣлѣ,—если стать на точку зрѣнія атомистическаго ученія со всѣми возможными его выводами, даетъ лишь приближенныя выраженія истинныхъ процессовъ, даетъ только среднія величины.

Совершенно иначе обстоитъ дѣло съ динамистами. По динамическому воззрѣнію, эѳиръ представляетъ изъ себя нѣчто вполнѣ непрерывное; въ его дѣйствіи нигдѣ не должно быть перерывовъ; а это именно то допущеніе, какое дѣлаетъ математика, когда отвлеченно теоретически изслѣдуетъ дѣйствіе силъ. Такъ что въ извѣстной мѣрѣ теорія до сихъ поръ остается при устарѣлыхъ воззрѣніяхъ, отказаться отъ которыхъ она не можетъ по практическимъ соображеніямъ. Въ свое время мы убѣдимся, что путемъ фактическаго сложенія дѣйствій мы подойдемъ къ истинѣ ближе, нежели взявъ столь вѣрный теоретически „интегралъ“, выполняющій то же сложеніе, но математически. Физикъ можетъ сознавать всю важность могущественныхъ вспомогательныхъ средствъ, представляемыхъ ему теоріей, особенно цѣнныхъ при выработкѣ широкихъ положеній, но по существу онъ долженъ оставаться практикомъ.

Уже этихъ разсужденій достаточно, чтобы понять, что такъ называемые приближенные методы, которыми мы пользуемся почти всегда въ своихъ поискахъ истины и на которые смотримъ, какъ на крайнее средство, за неимѣніемъ лучшихъ, оказываются единственнымъ путемъ къ возможно полному раскрытію истины: во всякомъ случаѣ это вѣрно, если допустить, что въ конечной, единственно извѣстной намъ области, гдѣ число атомовъ и ихъ величина также конечны, не скрывается ничего безконечнаго, что для насъ было бы уже совершенно непонятно. Мы позволимъ себѣ теперь высказать мнѣніе, которое, несмотря на свою неоспоримость, можетъ читателя удивить: мы утверждаемъ, что самая совершенная теорія есть только приближеніе къ истинѣ. Въ сущности, мы говоримъ другими словами то, на что мы указали еще въ началѣ нашихъ соображеній. Это только частный случай болѣе общаго положенія,—ничѣмъ неограниченное примѣненіе на практикѣ какихъ бы то ни было абстракцій оказывается вреднымъ.

Тѣ точки зрѣнія, какія мы установили при этомъ предварительномъ обсужденіи интересующихъ насъ вопросовъ, послужатъ намъ путеводной нитью, съ помощью которой мы постараемся распознать въ путаницѣ окружающихъ насъ явленій вѣчные законы природы.

III. Роль органовъ чувствъ при изслѣдованіи природы.

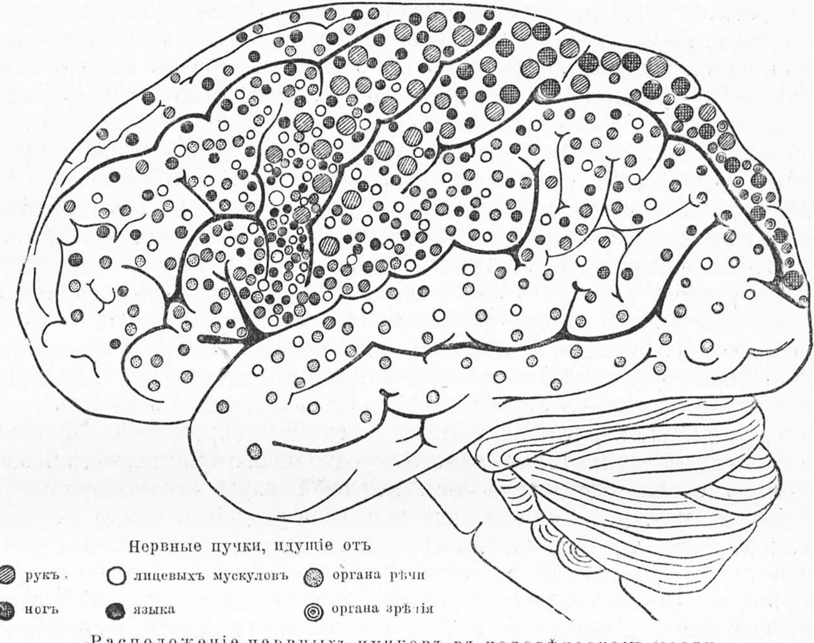
Прежде, чѣмъ заняться спеціально наблюденіемъ явленій природы, мы должны себѣ уяснить, какими путями эти явленія доходятъ до нашего сознанія и какъ мы удостовѣряемся въ надежности указаній нашихъ чувствъ.

Познаваніе происходитъ всегда черезъ двери нашихъ чувствъ, которыя являются единственными посредниками между внѣшнимъ міромъ и нашимъ разумомъ, воспринимающимъ впечатлѣнія и приводящимъ ихъ въ порядокъ. Въ большей или меньшей мѣрѣ не надеженъ всякій посредникъ: на свой отчетъ онъ налагаетъ всегда отпечатокъ своей индивидуальности. Изъ повседневнаго опыта мы знаемъ, что чувства подвержены грубымъ иллюзіямъ; но тотъ же опытъ показываетъ намъ, что у насъ есть надежныя средства для раскрытія этихъ иллюзій. Чтобы узнать эти средства контроля надъ иллюзіями, надо прежде заняться орудіемъ нашего познаванія, а потомъ уже разсмотрѣть и самыя силы, производящія впечатлѣнія на чувства. Намъ придется снова прибѣгнуть къ приближеннымъ методамъ. Въ самомъ дѣлѣ, понять устройство глаза возможно лишь тогда, когда намъ извѣстенъ механизмъ свѣта; мы въ состояніи представить себѣ случай, когда у насъ еще не будетъ сколько-нибудь точныхъ представленій на этотъ счетъ, а между тѣмъ необходимо будетъ знать, какъ возникаетъ въ насъ ощущеніе свѣта.

Нервные пучки, идущіе отъ
рукъ — лицевыхъ мускуловъ — органа рѣчи
ногъ — языка — органа зрѣнія

Расположеніе нервныхъ пучковъ въ человѣческомъ мозгу. По Брока. См. текстъ, стр. 26.

Что внѣшніе органы чувствъ, напримѣръ, участки кожи, испытывающіе ощущенія, ротъ, носъ, ухо, глазъ, играютъ на самомъ дѣлѣ только служебную роль въ нашихъ зрительныхъ, слуховыхъ и т. п. воспріятіяхъ, а сами не видятъ, не слышатъ, доказано физіологами несомнѣннѣйшимъ образомъ. Физіологъ покажетъ намъ, что отъ глаза къ внутреннимъ частямъ мозга идетъ пучекъ нервовъ, такъ называемый нервный стволъ, и что мы слѣпнемъ, если перервать этотъ пучекъ, но что самъ глазъ, попрежнему, не перестаетъ отбрасывать картину внѣшняго міра на сѣтчатку, пока послѣдняя не повреждена. И обратно, мы получаемъ отчетливое ощущеніе свѣта, если какимъ-нибудь образомъ станемъ раздражать зрительный нервъ, прекративъ въ то же время доступъ свѣта къ глазу. Можно убѣдиться въ этомъ при помощи очень простого опыта. Берутъ въ ротъ цинковую пластинку и конецъ серебряной ложки такъ, чтобы во рту они были раздѣлены, и затѣмъ приводятъ въ соприкосновеніе концы этихъ кусковъ металла, находящіеся снаружи. Если теперь закрыть глазъ, получится впечатлѣніе какъ бы слабой



Расположеніе нервныхъ пучковъ въ человѣческомъ мозгу.
По Брока. См. текстъ, стр. 26.

молніи или зарницы. Этимъ соприкосновеніемъ возбуждается очень слабый электрическій токъ, который однако по силѣ превосходитъ токи, возбуждаемые или дѣйствующіе въ нервахъ. Нашъ токъ сообщается области рта и проходящимъ тамъ развѣтвленіямъ зрительнаго нерва и производитъ кажущееся освѣтлѣніе всего поля зрѣнія. Но для этого электрическій токъ даже вовсе не нуженъ. Достаточно давленія на нервъ, — это знаетъ каждый, кто хоть разъ получилъ сильный ударъ въ лицо. Полное соотвѣтствіе сказанному мы найдемъ и въ прочихъ органахъ чувствъ.

Дѣятельность нашего сознанія протекаетъ въ нашемъ мозгу и, какъ это можетъ быть показано, именно въ сѣрой его оболочкѣ, которая окружаетъ извилины и складки бѣлаго мозгового вещества. Это послѣднее состоитъ изъ чрезвычайно тонкихъ нервныхъ волоконъ, которыя въ соединеніи съ нервными стволами, съ одной стороны, ведутъ къ ощущающимъ аппаратамъ, а съ другой стороны,—къ движущимъ нервамъ, вызывающимъ дѣйствія нашего тѣла путемъ простого раздраженія чувствъ или по нашей волѣ. До сихъ поръ извѣстно очень мало о томъ, какія функціи слѣдуетъ приписывать отдѣльнымъ частямъ этого „сѣраго вещества." Органы, соотвѣтствующіе въ тѣлесномъ мірѣ послѣднимъ глубинамъ нашей духовной дѣятельности, примыкаютъ въ нашемъ тѣлѣ такъ тѣсно другъ къ другу, что дѣлать наблюденія надъ этимъ воплощеніемъ нашего сокровеннѣйшаго „я" труднѣе, чѣмъ надъ мірами, закинутыми въ самыхъ отдаленныхъ частяхъ вселенной. Мы можемъ высказывать здѣсь одни предположенія, а между тѣмъ было бы чрезвычайно важнымъ шагомъ въ ростѣ нашихъ воззрѣній на единство мірового порядка, если-бъ намъ удалось усмотрѣть общее и въ воспринимающихъ аппаратахъ нашего сознанія.

Здѣсь намъ сразу бросается въ глаза тотъ фактъ, что сѣрое мозговое вещество, состоящее изъ безчисленнаго множества мельчайшихъ клѣточекъ, этотъ конечный органъ всѣхъ воспринимающихъ аппаратовъ, нигдѣ не обнаруживаетъ никакой разницы въ строеніи, никакихъ измѣненій въ своихъ свойствахъ. Теперь вполнѣ выяснено, что извѣстныя части этой сѣрой мозговой коры могутъ воспринимать впечатлѣнія только одного опредѣленнаго чувства, такъ что мы, въ подлинномъ смыслѣ слова, одними частями мозговой коры исключительно видимъ, другими осязаемъ и т. д. Лишь только какая-нибудь часть мозгового покрова заболѣваетъ или хилѣетъ, тотчасъ же въ функціяхъ нашихъ чувствъ наступаютъ разстройства вполнѣ опредѣленнаго характера, — это доказано анатомическими вскрытіями. Конечно, взгляды нашего времени на эту локализацію мозговой дѣятельности отличаются отъ взглядовъ старой френологіи, которая принимала, что извѣстныя духовныя способности сосредоточены въ извѣстныхъ частяхъ мозга. Нашъ мозгъ устроенъ тоньше и съ большей предусмотрительностью. Большіе нервные стволы, которые идутъ отъ органовъ чувствъ, развѣтвляются какъ деревья и оканчиваются въ самыхъ разнообразныхъ частяхъ мозга. Вѣтви нервовъ и нервныя волокна другихъ внѣшнихъ органовъ чувствъ много разъ проходятъ одни мимо другихъ, и концевыя клѣтки ихъ и другихъ развѣтвленій располагаются рядомъ. Рисунокъ Брока на стр. 25 даетъ понятіе о получающихся при этомъ группировкахъ нервныхъ окончаній. Благодаря этому, мѣстное заболѣваніе мозга можетъ пріостановить функціи какого-нибудь чувства лишь въ незначительной степени. Кромѣ того, повидимому, здѣсь надо искать объясненія одного изъ весьма важныхъ свойствъ нашего сознанія: мы получаемъ общую картину явленія, дѣйствующаго на насъ черезъ посредство различныхъ внѣшнихъ органовъ. Раздраженія, идущія въ сосѣднія части мозговой коры изъ разныхъ органовъ, напримѣръ, изъ глаза и уха, тутъ другъ съ другомъ соединяются или вліяютъ другъ на друга какъ-нибудь иначе.

Совершенно одинаковое устройство мозговыхъ клѣтокъ наводитъ насъ на своеобразную мысль. По мѣрѣ того, какъ мы ближе знакомимся съ строемъ природы, мы приходимъ къ убѣжденію, что причины его совершенно тождественны, хотя въ механизмѣ мірозданія онѣ принимаютъ безконечно-разнообразные виды. Здѣсь мы попадаемъ въ то таинственное закрытое помѣщеніе нашего мозга, куда стекаются всѣ знанія, гдѣ, какъ въ отдаленнѣйшемъ звенѣ безконечной цѣпи

существующаго и дѣйствующаго, они стремятся слиться въ одну великую картину, на подобіе того цѣлостнаго и простого слиянія, какое происходитъ на другомъ концѣ этой цѣпи, въ великомъ мірѣ матеріи. Въ концѣ концовъ, весь познаваемый нами міръ слагается изъ этой игры возбужденій концевыхъ нервныхъ клѣтокъ. Мозговая кора есть нѣчто въ родѣ клавіатуры, состоящей изъ безчисленнаго множества одинаковыхъ клавишъ, и взятыя на ней сочетанія аккордовъ чувственныхъ воспріятій лишь своимъ разнообразіемъ опредѣляютъ разницу впечатлѣній. Доступный намъ міръ въ своемъ изображеніи внутри насъ рисуется въ видѣ необыкновенно мелкой мозаики, отдѣльные кусочки которой въ началѣ совершенно раздѣлены; такимъ образомъ, и нашъ духовный міръ, на подобіе міра матеріальнаго, распадается на атомы.

Оказывается, что элементы мозговой коры могутъ быть возбуждены какъ раздраженіемъ внѣшнихъ органовъ чувствъ, исходящимъ изъ внѣшняго міра, такъ и таинственнымъ дѣйствіемъ нашей воли и нашего воображенія изнутри насъ; раздраженіе нервовъ извнѣ можетъ быть вызвано механическими причинами, начиная отъ самыхъ грубыхъ и кончая самыми тонкими. Механическія дѣйствія тѣлъ на нашу кожу до тѣхъ поръ, пока они не ниже извѣстнаго предѣла, мы воспринимаемъ какъ давленіе и т. д. Болѣе тонкія движенія мы понимаемъ какъ звукъ, теплоту, свѣтъ. Теперь можно считать достаточно доказаннымъ, что главную причину зрѣнія слѣдуетъ видѣть не въ химическомъ процессѣ, совершающемся въ нашемъ глазу, на подобіе процесса, происходящаго въ фотографической камерѣ, а въ прямомъ ударѣ волнъ свѣтового эѳира о необычайно тонкія колбочки сѣтчатки, хотя, съ другой стороны, конечно, и зрительный пурпуръ, все еще таинственный, орошающій живую сѣтчатку и быстро выцвѣтающій подъ вліяніемъ свѣта, играетъ нѣкоторую роль въ этомъ процессѣ.

Механическое воздѣйствіе на внѣшнія окончанія нервной системы переходитъ отчасти въ химическую работу, отчасти въ электрическое возбужденіе, послѣднее передается всей соотвѣтственной нервной вѣтви и доводитъ раздраженіе до конечной клѣтки въ мозгу. Наше созерцаніе реальныхъ предметовъ внѣшняго міра совершается, такимъ образомъ, черезъ посредство нервнаго тока, направленнаго снаружи внутрь.

Такъ какъ мы снова можемъ представлять себѣ тѣ комбинаціи раздраженій нервовъ, которыя ощущались раньше, и по желанію снова воскресить ихъ въ себѣ, причемъ въ нормальномъ состояніи они выходятъ слабѣе, а при болѣзненной раздраженности могутъ дойти до полнаго отраженія того, что было, то мы должны допустить, что наша воля путемъ первичнаго раздраженія соотвѣтственныхъ клѣтокъ мозга въ состояніи вызвать токъ обратнаго направленія. Эта дѣятельность, протекающая въ обоихъ направленіяхъ, представляетъ какъ бы противовѣсъ въ системѣ движущихъ нервовъ, строеніе которыхъ, — насколько вообще возможно такое сравненіе, — совершенно одинаково съ строеніемъ нервовъ воспринимающихъ. Такъ называемыя рефлективныя движенія, то есть тѣ, которыя при возбужденіи нервовъ мы дѣлаемъ помимо своей воли, происходятъ слѣдующимъ образомъ: нервный токъ, обусловленный внѣшнимъ раздраженіемъ, направляется прежде всего къ извѣстнымъ центральнымъ точкамъ, находящимся внѣ мозговой коры, по большей части, въ области спинного мозга, и затѣмъ, развѣтвившись, тотчасъ передается мускуламъ, которые выполняютъ нерѣдко очень сложныя движенія, вызванныя внѣшнимъ раздраженіемъ, не передаваясь при этомъ непремѣнно нашему сознанію. Нервные стволы, исходящіе изъ этихъ двигательныхъ центровъ, сосредоточенныхъ въ спинномъ мозгу, доходятъ до самой мозговой коры, но при извѣстной величинѣ внѣшняго раздраженія мы еще въ состояніи произвольно прервать сообщеніе съ органомъ нашего сознанія. Возбужденіе движущихъ нервовъ, вызванное внѣшнимъ раздраженіемъ, всегда соотвѣтствуетъ вполнѣ опредѣленной механической силѣ; не встрѣтивъ равнаго по величинѣ противодѣйствія, оно должно сообщиться нервнымъ стволамъ, ведущимъ къ центрамъ сознанія. Такое противодѣйствіе оказываетъ наша свободная воля, а потому отсюда вытекаетъ, что съ теоретической точки зрѣнія можно измѣрить эту силу

нашей воли въ механической мѣрѣ той или иной силой тяги или давленія въ килограммометрахъ въ секунду. Но на практикѣ необычайная слабость нервныхъ токовъ, впервые опытнымъ путемъ опредѣленныхъ Дюбуа-Реймономъ, еще и теперь дѣлаетъ непреодолимо труднымъ измѣреніе силъ, возникающихъ въ нашемъ мозгу по нашему произволу.

Вполнѣ мыслимо, что нервный токъ „воспоминанія," дѣйствующій изнутри наружу, окажется настолько сильнымъ, что произойдетъ полное обращеніе процесса, благодаря чему колбочки сѣтчатки придутъ снова въ тѣ же колебательныя движенія, какія соотвѣтствуютъ свѣтовымъ колебаніямъ, вызываемымъ дѣйствительной картиной. Въ этомъ случаѣ, быть можетъ, воспоминаніе вызываетъ на сѣтчаткѣ снова образъ видѣннаго предмета, и стоило бы поизслѣдовать, можетъ ли сѣтчатка подъ вліяніемъ нервнаго возбужденія начать свѣтиться сама собой, подобно глазамъ многихъ животныхъ, которыя ночью „горятъ", что наблюдается и у человѣка.

До сихъ поръ мы занимались опредѣленемъ границъ области, подлежащей нашему изслѣдованію; по важнымъ соображіеніямъ, мы разсмотрѣли нѣсколько ближе механизмъ нашей способности представленія и пришли къ тому выводу, что все, что мы знаемъ о внѣшнемъ мірѣ и о мірѣ, заключающемся внутри насъ, мы узнаемъ исключительно по соотвѣтственнымъ измѣненіямъ нашего собственнаго тѣла. Собственно говоря, мы не имѣемъ права брать за отправную точку самихъ себя,—это разумѣется само собой. Тѣмъ не менѣе и по этому поводу возникъ рядъ глубокомысленныхъ философскихъ построеній. Говорили, напримѣръ, что предметы, вызывающіе раздраженіе внѣшнихъ концевыхъ органовъ нашей нервной системы, на самомъ дѣлѣ могутъ оказаться совсѣмъ не такими, какими они представляются нашимъ чувствамъ; это не подлежитъ никакому сомнѣнію. Мы видѣли, что міръ, называемый нами міромъ реальнымъ, отличается отъ міра нереальнаго внутри насъ, строго говоря, только тѣмъ, что въ первомъ случаѣ раздраженіе, вызывающее у насъ представленіе, начинается въ такъ называемыхъ внѣшнихъ органахъ чувствъ и кончается въ внутреннихъ, а во второмъ случаѣ, все это происходитъ наоборотъ. Но разъ мы внѣ впечатлѣній нашихъ чувствъ о вещахъ ничего не знаемъ, по самой сути дѣла мы не имѣемъ основанія допускать, что раздраженія, приходящія извнѣ, имѣютъ иную конечную причину, чѣмъ идущія изнутри; другими словами, у насъ нѣтъ средствъ доказать, что внѣшній міръ не есть такой же воображаемый міръ, какъ тотъ, что внутри насъ, то есть, что вся разница между ними въ напряженности вызываемыхъ ими въ насъ впечатлѣній. Такъ называемый внѣшній міръ дѣйствуетъ сильнѣе, внутренній—слабѣе, какъ сонъ.

Но, если бы мы пожелали провести эту мысль до конца, мы должны были бы прибавить, что здѣсь, какъ и во многихъ другихъ случаяхъ, все сводится къ игрѣ философскими понятіями. Если бы міръ былъ дѣйствительно только волей и представленіемъ, то есть, если бы по существу не было никакой разницы между внѣшнимъ міромъ и внутреннимъ, то все же, очевидно, должно было бы существовать нѣчто такое, что одно заключаетъ въ себѣ все, называемое нами міромъ. Это нѣчто и есть самъ міръ, будь онъ міръ воображаемый или дѣйствительный; и этотъ міръ распадается на отдѣльныя проявленія, которыя мы называемъ людьми и другими существами, тѣлами и т. п.

Эти-то отдѣльныя проявленія насъ теперь интересуютъ, и мы изслѣдуемъ ихъ ближе. Оставаясь все время въ логическомъ кругу, мы пришли къ тому положенію, отъ котораго отправились, и мы еще разъ видимъ, что нашъ способъ опредѣленія дѣйствительности существованія предметовъ,—при помощи достаточнаго числа совпадающихъ показаній чувствъ,—рѣшеніемъ нашей задачи считать нельзя.

Пользуясь различными внѣшними органами чувствъ, человѣкъ можетъ изслѣдовать явленія съ разныхъ точекъ зрѣнія, можетъ придать свидѣтельству чувствъ все доступное намъ многообразіе и такимъ путемъ исключить весьма опасную ошибку, въ которую легко впасть при однородности показаній. Теперь же мы займемся вопросомъ о томъ, насколько эти различныя чувства помогаютъ изученію природы, насколько они надежны и отвѣчаютъ своему назначенію.

Съ давнихъ поръ принимали, что у человѣка пять чувствъ: осязаніе, обоняніе, вкусъ, слухъ и зрѣніе. Каждое изъ этихъ чувствъ обладаетъ, какъ извѣстно, своимъ особымъ органомъ воспріятія, и всѣ органы воспріятія, въ отличіе отъ концевыхъ органовъ мозговой коры, имѣютъ каждый свое особое устройство. Это вѣрно до тѣхъ поръ, пока мы имѣемъ въ виду собственно внѣшній воспринимающій аппаратъ, каковы глазъ, ухо и т. д. Концы же нервныхъ волоконъ, гдѣ начинается идущій внутрь нервный токъ, если и не вполнѣ одинаковы для всѣхъ чувствъ, то во всякомъ случаѣ поразительно сходны. Въ сущности, различными для различныхъ органовъ чувствъ являются только характеръ группировки этихъ концевыхъ элементовъ нервной системы и ихъ величина. Такимъ образомъ, истолкованіе различныхъ чувственныхъ впечатлѣній, понимаемыхъ нами, какъ свѣтъ, звукъ и т. д., берутъ на себя особые органы воспріятія: глазъ, ухо и т. д. Глазъ только собираетъ свѣтовые лучи, а колбочки и палочки сѣтчатки имѣютъ такую величину, что они могутъ быть приведены въ возбужденіе лишь свѣтовыми колебаніями эѳира. То же находимъ мы и въ остальныхъ органахъ чувствъ. Дальнѣйшая передача раздраженія (внутреннимъ органамъ, мозговымъ клѣткамъ) для всѣхъ чувствъ одинакова. Отсюда слѣдуетъ, что наша познавательная способность отличаетъ разные роды явленій природы только потому, что раздраженіе, въ сущности всегда одинаковое, исходитъ отъ различныхъ внѣшнихъ органовъ и оканчивается въ каждомъ такомъ случаѣ въ опредѣленныхъ точкахъ мозговой коры.

Слѣдовательно, прочтеніе чувственныхъ впечатлѣній, передаваемыхъ для переработки нашей познавательной способности, вполнѣ зависитъ отъ устройства нашихъ внѣшнихъ органовъ чувствъ. Позже мы увидимъ, что большую часть явленій природы, совершающихся въ матеріи или въ эѳирѣ, производятъ колебанія. Скорость этихъ колебаній не должна превышать извѣстныхъ вполнѣ опредѣленныхъ границъ, чтобы глазъ могъ ихъ въ себѣ сосредоточить и воспринять какъ свѣтъ; при другихъ скоростяхъ повторные удары атомовъ эѳира вызываютъ въ нашей кожѣ ощущеніе теплоты. Совершающіяся значительно медленнѣе колебанія воздуха производятъ въ нашемъ ухѣ ощущеніе звука. Всѣ эти скорости можно опредѣлить съ полной достовѣрностью; къ этому вопросу мы еще вернемся и тогда разберемъ его подробнѣе. При этомъ мы узнаемъ, что скорости колебаній, вызывающихъ явленія звука и тѣхъ, которыя воспринимаются нами какъ теплота, а также скорости колебаній свѣтовыхъ и тепловыхъ, отдѣлены большими промежутками, и что есть колебанія, совершающіяся быстрѣе свѣтовыхъ, которыя на наши чувства никакого впечатлѣнія не производятъ. Можно напередъ предположить и потомъ доказать опытнымъ путемъ, что этимъ промежуткамъ соотвѣтствуютъ свои колебательныя состоянія. И въ нѣкоторыхъ случаяхъ, поставивъ на ихъ пути препятствія и тѣмъ удлинивъ въ извѣстной степени продолжительность колебанія, намъ удается сдѣлать эти колебанія доступными воспріятію.

Нѣтъ сомнѣнія, что міровой строй слагается изъ непрерывнаго ряда разнаго рода движеній, изъ которыхъ непосредственно доступна намъ только нѣкоторая часть, такъ какъ не всѣ они воспринимаются нашими чувствами. Только благодаря особенностямъ, присущимъ внѣшнимъ органамъ нашихъ чувствъ, мы можемъ разложить этотъ непрерывный рядъ состояній на отдѣльныя, какъ будто рѣзко отличающіяся другъ отъ друга группы, называемыя нами тепломъ, звукомъ и т. д. Только благодаря разницѣ въ устройствѣ нашихъ органовъ чувствъ, эти дѣйствія кажутся намъ столь различными по существу, тогда какъ это родственныя формы движенія, отличающіяся только степенями скорости.

Такимъ образомъ, разложеніе явленій природы на извѣстныя намъ силы природы: свѣтъ, теплоту, звукъ и т. д. обусловливается особымъ характеромъ нашихъ внѣшнихъ органовъ чувствъ. Но, когда мы приступимъ къ выполненію поставленной себѣ задачи, когда мы попытаемся обосновать фактъ единства въ міровомъ строѣ, мы очутимся въ положеніи артиста, который исполняетъ музыкальную пьесу на неполномъ инструментѣ, гдѣ есть только самые высокіе тона, средніе и самые низкіе. Конечно, онъ слышитъ хорошо всю гармонію исполняемаго произ-

веденія, но ему стоитъ большого труда вызвать въ умѣ недостающіе молчащіе звуки, чтобы понять произведеніе во всей его цѣлостности.

Если бы мы обладали органомъ воспріятія для этихъ промежуточныхъ колебаній, картина міра, безъ сомнѣнія, рисовалась бы намъ въ болѣе законченномъ видѣ, въ той мѣрѣ, въ какой выигрываетъ въ познаваніи слѣпой, ставшій зрячимъ. Рядъ явленій, которыхъ связь съ міровымъ строемъ намъ кажется еще загадочной, тогда, быть можетъ, слился бы съ нимъ въ одну цѣлостную картину. Весь видъ природы, какой она теперь представляется нашимъ чувствамъ, существенно измѣнился бы. Но мы не осмѣливаемся итти дальше въ этомъ направленіи, какъ это дѣлаютъ нѣкоторые философы. Мы боимся, что новый опытъ, вынесенный съ помощью новаго чувства, совершенно перевернулъ бы драгоцѣнное намъ знаніе о природѣ, добытое старымъ опытомъ. Наше знаніе создается съ помощью нашихъ чувствъ, хотя мы и понимаемъ, что существуетъ міръ и внѣ насъ. Въ этомъ отношеніи намъ будетъ опять полезно наше сравненіе со слѣпымъ. Предположимъ, что онъ умѣетъ играть на какомъ-нибудь инструментѣ, скажемъ, на фортепьяно. Разстояніе между клавишами, форма и величина инструмента извѣстны ему до того точно, что онъ можетъ указать ихъ размѣры на мѣрѣ, на которой дѣленія обозначены насѣчками. Онъ знаетъ, какой получится звукъ при извѣстномъ ударѣ по клавишамъ. Если бы онъ внезапно прозрѣлъ и увидалъ бы рояль, но не имѣлъ возможности на немъ играть, онъ самъ никогда не дошелъ бы до представленія о томъ, что этотъ предметъ и есть именно его любимый инструментъ. Если онъ даже слышитъ хорошо извѣстные ему звуки, онъ не сразу придетъ къ мысли, что они исходятъ изъ видимаго имъ предмета, такъ какъ его способность разбираться въ окружающемъ съ помощью зрѣнія еще не развита. Если вы подведете его къ инструменту, онъ будетъ играть на немъ съ ошибками до тѣхъ поръ, пока будетъ пользоваться своими глазами. Короче говоря, мы ясно увидимъ, что его представленіе о внѣшнемъ мірѣ не отвѣчаетъ тому, что есть на самомъ дѣлѣ. Такіе опыты производили надъ слѣпорожденными, которымъ были сдѣланы удачныя операціи: цѣлыми мѣсяцами они, какъ безпомощныя дѣти, спотыкались на каждомъ шагу и натыкались на предметы, если пользовались своими глазами; но стоило имъ закрыть глаза, и они начинали ходить по хорошо знакомымъ имъ комнатамъ, какъ прежде, съ полной увѣренностью. У нашего исцѣленнаго слѣпого представленіе о звукахъ инструмента не связано съ тѣмъ, что онъ видитъ; но онъ немедленно узнаетъ въ этомъ предметѣ свой инструментъ, если приложитъ къ нему свою мѣрку и сравнитъ то, что дастъ ему осязаніе съ тѣмъ, что у него передъ глазами. Эта операція вполнѣ отвѣчаетъ понятію о научныхъ пріемахъ изслѣдованія природы. Понятіе закономѣрности въ міровомъ строѣ, которое создается путемъ разнообразныхъ измѣреній, не только не падаетъ при усовершенствованіи нашей познавательной способности, а, наоборотъ, само становится совершеннѣе. Сравненіе отношеній, измѣреніе, ведетъ, стало быть, только къ болѣе точному знанію.

Въ возсозданіи картины внѣшняго міра разныя чувства участвуютъ въ разной мѣрѣ. Но уже одно обычное сравненіе съ картиной показываетъ, что глазъ играетъ при этомъ большую роль. Точнѣйшія измѣренія выполняются именно съ помощью глаза. Важно знать, въ какой мѣрѣ орудія чувствъ могутъ служить при изслѣдованіи инструментами и въ какія ошибки мы впадаемъ, пользуясь ими.

Изъ такъ называемыхъ пяти чувствъ самое ненадежное — осязаніе. Для осязанія нѣтъ особаго органа воспріятія, — его замѣняетъ вся кожа; нервныя окончанія, служащія для передачи осязательныхъ раздраженій, распредѣлены съ неодинаковой густотой по всей поверхности нашего тѣла. Гуще всего расположены они на концахъ пальцевъ, очень далеко другъ отъ друга — на спинѣ, поясницѣ и т. д. Поэтому, ощупывая предметъ оконечностями пальцевъ, мы опредѣляемъ его форму и величину лучше, чѣмъ въ томъ случаѣ, если прикасаемся къ нему какими-нибудь другими частями тѣла. Но на чувство осязанія даже въ концахъ пальцевъ можно положиться далеко не съ такой увѣренностью, какъ на зрѣніе,

хотя, конечно, и слѣпой можетъ выполнить сравненiе мѣръ. Кромѣ того, осязанiе подвержено самымъ грубымъ заблужденiямъ.

Въ этомъ мы можемъ легко убѣдиться, дотронувшись головкой иглы до спины и пробуя указать, гдѣ почувствовали прикосновенiе. Рѣдко бываетъ, чтобы точка, которую указали, совпала съ точкой, гдѣ прикоснулись; обыкновенно между ними разстоянiе во много сантиметровъ, а иногда онѣ лежатъ по разныя стороны позвоночнаго столба.

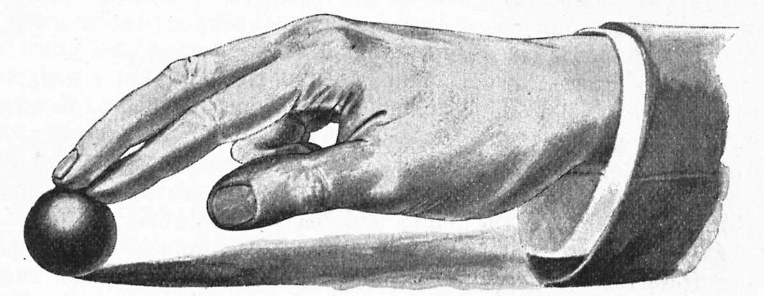
Но и концы пальцевъ, когда они находятся въ необычномъ положенiи другъ относительно друга, испытываютъ тотъ же грубый обманъ со стороны чувства. Заложимъ среднiй палецъ за указательный такъ, чтобы концы этихъ пальцевъ шли въ иномъ, чѣмъ обыкновенно, порядкѣ, а именно: теперь конецъ средняго пальца пусть находится передъ указательнымъ, ближе къ большому пальцу, чѣмъ указательный (см. рисунокъ ниже). Если теперь мы станемъ катать концами обоихъ пальцевъ шарикъ, то у насъ явится такое ощущенiе, будто у насъ между пальцами на разстоянiи, равномъ обычному разстоянiю между концами этихъ двухъ пальцевъ, два шарика. Если-бъ можно было заложить безымянный палецъ за указательный, то мы испытали бы то же ощущенiе, съ той только разницей, что теперь казалось бы, что эти два шарика удалены другъ отъ друга на рязстоянiе, равное разстоянiю двухъ пальцевъ черезъ третiй. Но, несмотря на поразительную отчетливость этого обманчиваго ощущенiя, на долгое время поддаться ему не могъ бы даже слѣпой. Въ концѣ концовъ, онъ положился бы на показанiя своего осязанiя при нормальныхъ условiяхъ, а такихъ показанiй неизмѣримо больше. Итакъ, осязательныя впечатлѣнiя слишкомъ ненадежны, чтобы играть какую бы то ни было роль въ дѣлѣ изслѣдованiя природы.



Иллюзiя осязанiя.

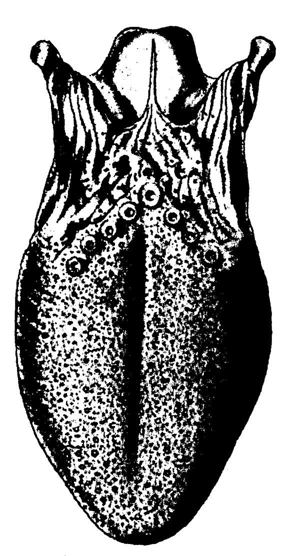
Правда, обширная и въ высокой мѣрѣ важная область мiровыхъ явленiй, теплота, передается нашему сознанiю исключительно путемъ осязанiя; но, если бы мы стали изучать законы тепловыхъ дѣйствiй только при помощи осязанiя, наши свѣдѣнiя объ этой могущественной силѣ природы были бы весьма ограничены. Довольно вспомнить, какъ трудно при помощи одного только осязанiя приготовить для ванны воду надлежащей температуры. Если мы разольемъ воду опредѣленной температуры въ два сосуда и въ одинъ изъ нихъ опустимъ одинъ палецъ, а въ другой всю руку, то вода, находящаяся въ послѣднемъ сосудѣ, покажется намъ холоднѣе той, которая въ первомъ. Кромѣ того, одно и то же тѣло при одной и той же температурѣ можетъ казаться, въ зависимости отъ нашего кровообращенiя, то теплѣе, то холоднѣе. Замѣтимъ, что опредѣлять температуру осязанiемъ можно лишь въ весьма незначительныхъ предѣлахъ. Уже при тѣхъ температурахъ, которыя не на много выше температуры нашей крови, мы „обжигаемся“; то же ощущенiе мы испытываемъ при прикосновенiи къ очень холодному тѣлу отъ разрыва клѣтокъ ткани. Пользоваться осязанiемъ для цѣлей тепловыхъ измѣренiй совершенно невозможно. Но дѣйствiе тепла, какъ извѣстно, вызываетъ измѣненiе размѣровъ тѣлъ; этимъ свойствомъ и пользуются, измѣряя температуру глазомъ, напримѣръ, помощью ртутнаго термометра. Дѣло измѣренiя предоставлено болѣе тонкому органу, — органу зрѣнiя.

Осязанiе обнаружило существованiе силы природы, наиболѣе часто встрѣчающейся,—силы тяжести. Предметъ, взятый нами въ руку, давитъ на нее; мы должны оказать извѣстное противодѣйствiе своими мускулами, чтобы удержать руку на

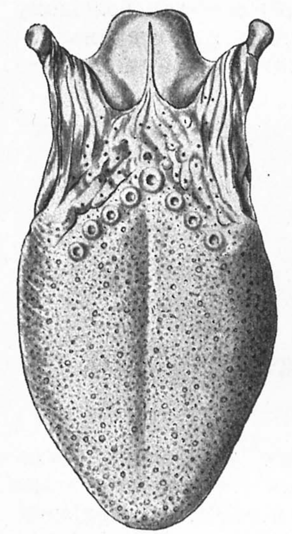


Иллюзія осязанія.

прежней высотѣ. Это давленіе обусловлено тяжестью и при небольшой величинѣ можетъ быть опредѣлено осязаніемъ сравнительно очень точно. Если положить на руку три листка тонкой бумаги и затѣмъ одинъ изъ нихъ снять, то мы сейчасъ же почувствуемъ разницу въ вѣсѣ, хотя уменьшился вѣсъ очень мало, быть можетъ, всего на какой-нибудь граммъ. Въ этомъ случаѣ, то есть, когда вѣсъ не великъ, можно давленіе одного предмета на одну руку сравнивать съ давленіемъ другого предмета на другую руку, можно при помощи осязанія произвести нѣчто вродѣ взвѣшиванія. Но для большихъ тяжестей показанія чувства осязанія теряютъ всякую достовѣрность. Тутъ вступаетъ въ свои права общее для впечатлѣній всѣхъ чувствъ правило, или, какъ его называютъ, психо-физическій законъ Веберъ-Фехнера, согласно которому раздраженіе чувства должно ощущаться тѣмъ сильнѣе, чѣмъ больше отношеніе этого раздраженія къ однородному съ нимъ раздраженію, дѣйствовавшему передъ нимъ. Такъ что наши чувства воспринимаютъ лишь относительную величину впечатлѣнія, а не абсолютную, а это уже отзывается въ дурную сторону на достоинствѣ нашихъ научныхъ измѣреній. Для нашего случая съ тремя листами бумаги, отношеніе послѣдовательныхъ раздраженій равно $^1/_3$; но, если-бъ у насъ было 50 листовъ въ рукѣ, и мы сняли бы одинъ, то мы не ощутили бы ни малѣйшаго измѣненія въ давленіи; для этого случая указываемое закономъ отношеніе было бы равно лишь $^1/_{50}$; если мы несемъ на обоихъ плечахъ центнеръ, для насъ все равно, прибавить ли къ нему фунтъ или перо. То же самое можно сказать о каждомъ изъ нашихъ чувствъ. Если комната освѣщена двумя свѣчами, и принесутъ еще третью, то мы сейчасъ замѣтимъ, что свѣту прибавилось; если же ту же свѣчу внести туда, гдѣ уже горитъ сто другихъ, то мы никакой разницы въ освѣщеніи не усмотримъ. Такъ что, если бы мы пожелали производить сравненіе тяжестей со всей возможной точностью, то отъ впечатлѣній осязательныхъ намъ пришлось бы совершенно отказаться; эту оцѣнку мы должны выполнить окольнымъ путемъ при помощи другого чувства. Вскорѣ мы узнаемъ, что ощущаемый нами вѣсъ предмета, то есть давленіе его на подставку, есть слѣдствіе тяжести, которое стремится приблизить всѣ тѣла къ центру земли. Этой силой тяжести мы пользуемся при взвѣшиваніи на вѣсахъ; по отклоненію стрѣлки коромысла мы судимъ о равенствѣ или неравенствѣ двухъ сравниваемыхъ грузовъ. Такимъ образомъ на мѣсто осязанія становится болѣе тонкое чувство, — зрѣніе.


Вкусовые сосочки (вкусовые бокалы) на верхней сторонѣ человѣческаго языка.

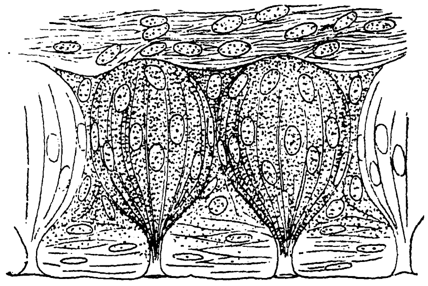
Чувство вкуса и чувство обонянія не представляютъ ничего существенно новаго по сравненію съ осязаніемъ. Тутъ мы имѣемъ дѣло въ сущности только съ видоизмѣненіями осязательныхъ впечатлѣній, съ приспособленіемъ ихъ къ состояніямъ тѣлъ, жидкому и газообразному. Языкъ и небо снабжены такъ называемыми „вкусовыми сосочками“, микроскопическими сосудами, куда поступаютъ и всасываются испытуемыя жидкости и гдѣ онѣ несомнѣнно подвергаются химическому анализу (см. рисунокъ выше и рисунокъ на стр. 33). Эти сосочки обладаютъ такой чувствительностью, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ могутъ дать лучшіе результаты, чѣмъ всѣ извѣстные химикамъ тончайшіе пріемы изслѣдованія. Особенно интересно то, что при этомъ химико-физіологическомъ анализѣ мы оперируемъ надъ такими количествами, которыя по своей малости совершенно бы терялись при пользованіи ретортами химическихъ лабораторій. Но такой анализъ можно произвести только надъ веществами, которыя растворяются въ водѣ или слюнѣ; всѣ прочія вещества „безвкусны“. Это соображеніе заставляетъ химика, при выработкѣ тѣхъ или другихъ пріемовъ изслѣдованія, брать насколько возможно тѣ стороны измѣненія вещества, которыя обнаруживаются глазомъ, а именно:



Вкусовые сосочки (вкусовые бокалы) на верхней сторонѣ человѣческаго языка.

измѣненіе окраски, объема, измѣненія вѣса, наблюдаемыя по отклоненію стрѣлки вѣсовъ, измѣненія аггрегатнаго состоянія и т. д.

По отношенію къ обонянію мы находимся въ томъ же положеніи, что и по отношенію къ вкусу. Органы обонянія устроены точно такъ же, какъ органы вкусовые, но они до того тонки, что реагируютъ на мельчайшія, находящіяся въ состояніи крайняго дробленія частицы газа; чувство вкуса отвѣчаетъ лишь на болѣе плотныя состоянія вещества, напримѣръ, когда оно находится въ состояніи жидкомъ. Нѣтъ сомнѣнія, что это чувство могло бы въ точныхъ изслѣдованіяхъ сослужить не малую службу, если бы его прежде больше упражняли, и если бъ нашъ языкъ былъ богаче словами, точно опредѣляющими оттѣнки различныхъ обонятельныхъ впечатлѣній. Нашъ языкъ особенно бѣденъ выраженіями чувства обонянія, бѣднѣе, чѣмъ выраженіями другихъ чувствъ. Думаютъ, что человѣческій родъ, въ періодъ своего младенчества, благодаря постоянному пребыванію въ удушливыхъ пещерахъ, лишился въ значительной мѣрѣ врожденной остроты чувства обонянія; какъ извѣстно, у звѣрей оно развито гораздо тоньше, чѣмъ у насъ; у многихъ животныхъ по вѣрности показаній оно стоитъ выше зрѣнія. Если собака встрѣчаетъ своего хозяина, котораго давно не видала, она узнаетъ его и по лицу, но окончательно увѣриться въ томъ, что это онъ, она можетъ только обнюхавъ,— только тогда она даетъ волю своей радости.

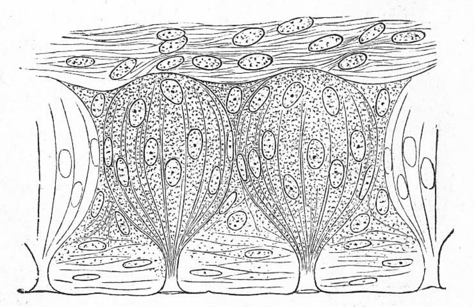


Вкусовые сосочки на языкѣ кролика. Изъ соч. І. Ранке „Человѣкъ". См. текстъ, стр. 32.

Но если мы, на основаніи бѣдности языка тѣми или иными выраженіями, станемъ рѣшать вопросъ о сравнительной неполнотѣ извѣстнаго чувства, то наше рѣшеніе можетъ сказаться поспѣшнымъ. Познавательная способность лишь очень медленнно вылущиваетъ изъ наблюдаемыхъ фактовъ отвлеченное зерно, и это отвлеченное понятіе въ теченіе долгаго времени подвергается внутри насъ переработкѣ; только тогда является потребность найти для него соотвѣтственное слово. Оказывается, что древніе языки бѣднѣе, чѣмъ современные, словами, выражающими разные цвѣта, между тѣмъ живопись въ Помпеѣ ясно показываетъ, что художники тѣхъ временъ умѣли различать всѣ цвѣта съ такой же тонкостью, какъ и мы, но, чтобы отличить одинъ отъ другого, они должны были указывать на каждую краску конкретно; то же самое мы дѣлаемъ теперь по отношенію къ запахамъ и вкусовымъ ощущеніямъ, хотя они отличаются другъ отъ друга самымъ отчетливымъ образомъ.

Но какъ бы мы теперь ни совершенствовали оба этихъ чувства упражненіями, какъ орудіе измѣренія по простотѣ и надежности, они все же уступаютъ чувству зрѣнія. Показаніе трехъ разсмотрѣнныхъ нами до сихъ поръ чувствъ могутъ служить лишь косвеннымъ подтвержденіемъ того, что добыто другими путями.

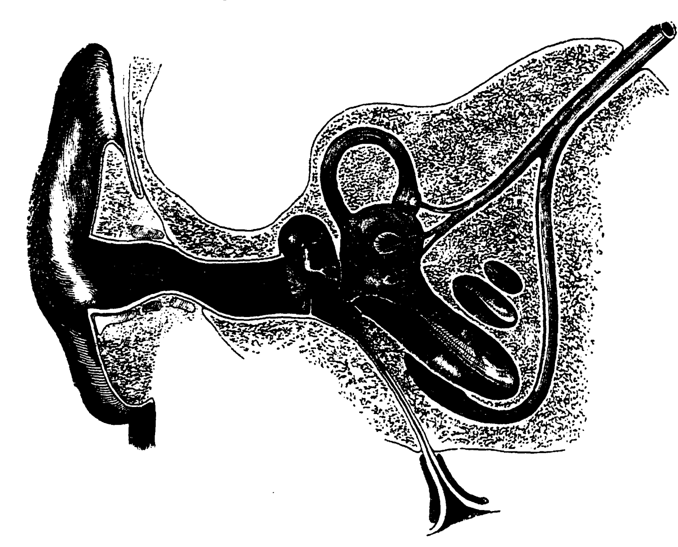
Не то мы должны сказать о слухѣ. Ни одно другое чувство, никакія искусственныя приспособленія не въ состояніи представить нашему сознанію колебаній воздуха такъ отчетливо, какъ это дѣлаетъ само ухо. Нервныя волокна, оканчивающіяся въ такъ называемомъ Кортіевомъ органѣ уха, представляютъ изъ себя полоски одного и того же вида, легко приходящія въ дрожаніе. Для уха онѣ играютъ роль многихъ тысячъ камертоновъ, изъ которыхъ каждый настроенъ на свой единственный тонъ, и которые отъ соотвѣтственныхъ колебаній начинаютъ колебаться и сами, возбуждая при этомъ дѣйствующій на сознаніе нервный токъ. Конечно, ухомъ можно дѣлать также только относительныя сравненія; ухомъ можно только сравнить два звука, то есть указать, что два быстро слѣдовавшихъ другъ за другомъ звука одинаковы, или же опредѣлить ихъ взаимоотношеніе на шкалѣ звуковъ. Во многихъ случаяхъ удается опредѣлить разницу между ними вполнѣ удовлетворительно прямо ухомъ, на основаніи гармоническихъ соотношеній звуковъ. Но вполнѣ удостовѣриться, какъ и во всѣхъ остальныхъ



Вкусовые сосочки на языкѣ кролика. Изъ соч. I. Ранке „Человѣкъ". См. текстъ, стр. 32.

измѣреніяхъ, можно тутъ только въ тождествѣ звуковъ. И если бы мы пожелали опредѣлить число и величину колебаній, производящихъ эти звуки (движенія матеріи, какъ мы знаемъ, играютъ первостепенную роль для объясненія силъ природы), — намъ пришлось бы сдѣлать ихъ видимыми. Для этого есть особые приборы, такъ что и тутъ въ изслѣдованіи первое мѣсто отводится зрѣнію.

Отсюда видно, что большая часть опытовъ, приводящихъ насъ къ болѣе глубокому пониманію природы, производится при помощи глаза. Поэтому мы должны ознакомиться съ этимъ органомъ чувства нѣсколько ближе и сдѣлаемъ это еще до болѣе подробнаго знакомства съ природой свѣта. Дѣлаемъ мы это потому, что съ первыхъ же опытовъ мы должны знать, въ какой мѣрѣ слѣдуетъ полагаться на приговоръ этой высшей изъ доступныхъ намъ инстанцій.

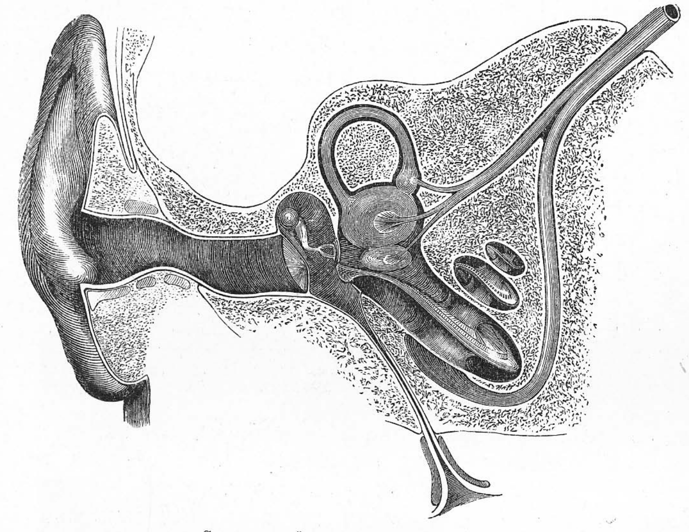


Слуховой органъ человѣка.
Изъ соч. I. Ранке „Человѣкъ". См. текстъ, стр. 33.

Всѣ знаютъ устройство фотографической камеры. Впереди помѣщаютъ собирательное стекло, которое отбрасываетъ изображеніе части находящихся передъ нимъ предметовъ на находящуюся за нимъ на извѣстномъ разстояніи пластинку; для каждаго разстоянія предметовъ отъ „объектива," отъ линзы, есть свое разстояніе пластинки; съ другой стороны, это „фокусное разстояніе" для очень отдаленныхъ предметовъ зависитъ отъ формы объектива: чѣмъ онъ выпуклѣе, тѣмъ короче фокусное разстояніе. Объективъ устраиваютъ изъ нѣсколькихъ линзъ разныхъ сортовъ стекла, разной преломляемости, а въ новѣйшихъ объективахъ между этими стеклами помѣщаютъ еще такъ называемую діафрагму ирисъ, при помощи которой можно измѣнять величину пропускающаго свѣтъ отверстія.

Нашъ глазъ въ основѣ своей есть та же фотографическая камера; въ однихъ отношеніяхъ онъ лучше ея, въ другихъ, — напротивъ того, несомнѣнно хуже.

Познаваніе предметовъ при помощи зрѣнія и успѣшность фотографированія зависятъ отъ двухъ обстоятельствъ; всю возможную отчетливость изображенія надо сочетать съ силой свѣта, наиболѣе желательной въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ, а эти два условія не только противорѣчатъ другъ другу, но въ извѣстной степени другъ друга исключаютъ. Приходится прибѣгнуть къ своего рода сдѣлкѣ; въ фотографическомъ аппаратѣ она достигается иначе, чѣмъ въ глазу. Съ точки зрѣнія требованій жизни въ глазу оба условія согласованы наилучшимъ образомъ, но, какъ оптическій инструментъ, глазъ далеко уступаетъ совершенной фотографической камерѣ. Наибольшей отчетливости изображенія мы достигаемъ, уменьшивъ отверстіе до размѣровъ точки; тогда отъ каждой точки предмета къ свѣточувствительной пластинкѣ или же къ сѣтчаткѣ идетъ только одинъ лучъ. Рисунокъ, помѣщенный на 35 стр., можетъ дать понятіе о такого рода снимкахъ. Для такой „камеры-обскуры съ простымъ отверстіемъ" нѣтъ различныхъ фокусныхъ разстояній. Предметы, гдѣ бы они ни находились, передаются на рисункѣ съ точнымъ соблюденіемъ перспективы. Мы должны были бы признать эту камеру-обскуру наилучшимъ изъ фотографическихъ аппаратовъ, если бы отверстіе ея не было, какъ того требуетъ теорія, неизмѣримо мало, и если бы въ силу этого она не пропускала лишь неизмѣримо малыхъ количествъ свѣта. Чтобы можно было работать этой камерой, какъ фотографическимъ



Слуховой органъ человѣка.
Изъ соч. I. Ранке „Человѣкъ“. См. текстъ, стр. 33.

аппаратомъ. надо, чтобы діаметръ отверстія имѣлъ нѣкоторую измѣримую величину, но тогда отъ одной и той же точки предмета на поверхность, принимающую изображеніе, будетъ падать цѣлый рядъ непараллельныхъ лучей. Поэтому каждая точка представится кружкомъ, который отчасти покрывается кружкомъ, получающимся отъ сосѣдней точки, и изображеніе предмета должно выйти расплывчатымъ. Видъ мѣстности, помѣщенный выше, снятъ безъ объектива, прямо въ отверстіе въ 1/4 мм.; для этого понадобилась выдержка въ 2 минуты. При



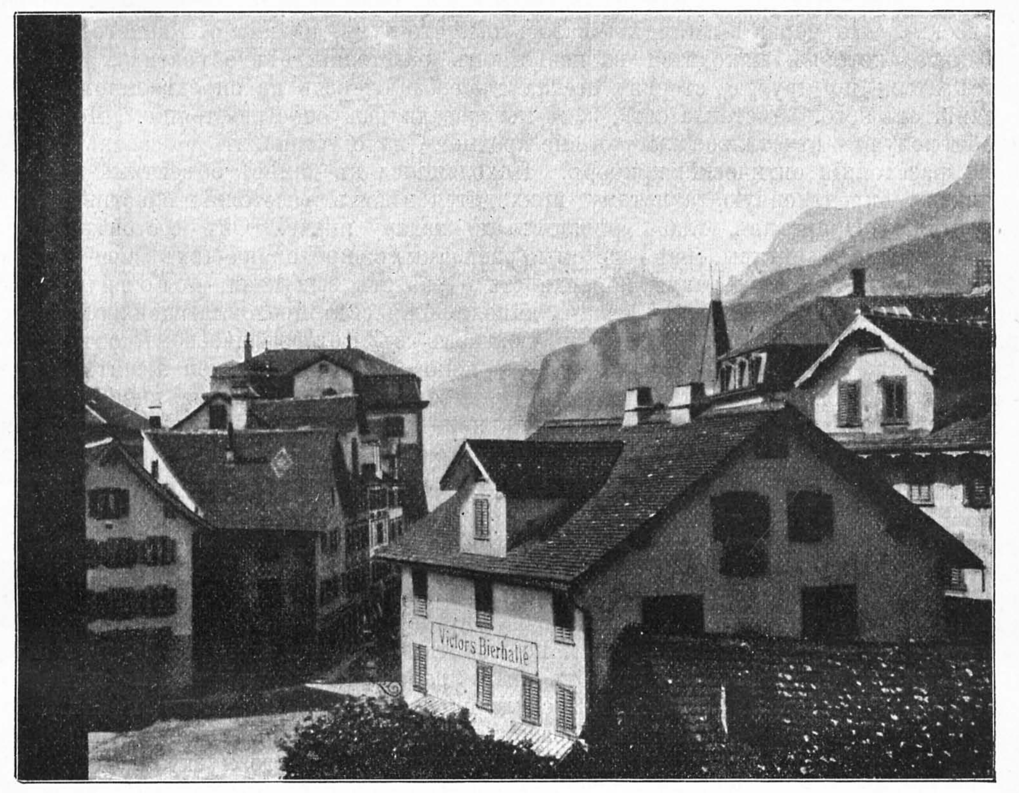
Снимокъ, сдѣланный посредствомъ камеры-обскуры съ простымъ отверстіемъ. См. текстъ, стр. 34.

съемкѣ же современнымъ аппаратомъ, чтобы запечатлѣть на пластинкѣ ландшафтъ, довольно десятитысячной доли этого времени. Нашъ снимокъ былъ произведенъ изъ комнаты. Мы видимъ, что часть оконной рамы, которая былъ совсѣмъ близко отъ аппарата, обрисована съ той же отчетливостью, какъ и дальнія горы, и никакихъ искаженій предметовъ мы не находимъ. Гдѣ есть въ предметахъ прямыя линія, онѣ переданы прямыми линіями—и у краевъ снимка, и по серединѣ его. Если оставить въ сторонѣ нѣкоторую неясность снимка, впрочемъ скорѣе художественную, то надо признать, что онъ безспорно лучше снимковъ, получающихся съ помощью самыхъ дорогихъ объективовъ.

Чтобы возможно шире воспользоваться выгодами, представляемыми небольшими отверстіями, въ фотографическій объективъ вводятъ діафрагму; въ глазу же есть радужная оболочка, которая, въ зависимости отъ яркости предмета, на который смотрятъ, раскрывается въ ширину неодинаково.

Изъ оптики мы знаемъ (потомъ мы остановимся на этомъ подробнѣе), что каждый лучъ свѣта, при переходѣ изъ одного изъ двухъ прозрачныхъ тѣлъ различной плотности въ другое, отклоняется отъ своего прямолинейнаго пути — преломляется.

Съ этимъ свойствомъ тѣлъ намъ приходится имѣть дѣло въ глазу и въ



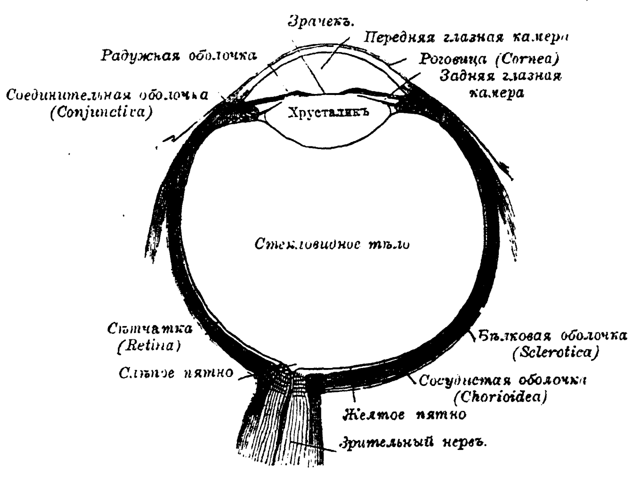
Снимокъ, сдѣланный посредствомъ камеры-обскуры съ простымъ отверстіемъ.
См. текстъ, стр. 34.

объективахъ. Лучи, исходящіе изъ одной и той же точки предмета, проходятъ черезъ разныя мѣста объектива и безъ преломленія, какъ мы видѣли, не могли бы быть сведены снова въ одну точку чувствительной пластинки, или сѣтчатки. Такимъ путемъ достигаются двѣ цѣли: во-первыхъ, увеличивается сила свѣта, такъ какъ отъ каждой точки идетъ много дѣйствующихъ свѣтовыхъ лучей, тѣмъ больше, чѣмъ больше собирательное стекло, а во-вторыхъ, мы избѣгаемъ расплывчатости изображенія, благодаря тому, что лучи снова сходятся въ одной и той же точкѣ. Къ сожалѣнію, осуществить это условіе на практикѣ удается далеко не всегда. На первый взглядъ казалось бы, что лучи, идущіе отъ какого-нибудь предмета, который находится на извѣстномъ разстояніи отъ объектива, должны встрѣтиться по другую сторону стекла въ свою очередь на опредѣленномъ разстояніи отъ него. У стекла есть, какъ мы сказали, фокусное разстояніе. Поэтому, чтобы получить отчетливое изображеніе предмета, надо установить на соотвѣтственномъ разстояніи оптическій приборъ. Находящійся въ камерѣ объективъ имѣетъ кривизну опредѣленную, а потому приходится мѣнять разстояніе пластинки отъ объектива. Напротивъ, глазъ рѣшаетъ эту задачу иначе. Онъ состоитъ, какъ современные объективы, изъ системы различныхъ преломляющихъ веществъ и поверхностей. Первую такую поверхность образуетъ выпуклая роговица (см. рисунокъ стр. на 37). За ней лежитъ наполненная свѣтопреломляющей жидкостью передняя глазная камера. Затѣмъ идетъ, какъ въ фотографическомъ объективѣ „діафрагма", радужная оболочка, а непосредственно за ней лежитъ хрусталикъ, который преломляетъ свѣтъ сильнѣе, чѣмъ находящаяся впереди него оптическая система, то-есть роговица съ передней глазной камерой. Остальная часть глазной впадины выполнена также стекловидной массой, — она, какъ и всѣ остальныя части глаза, тѣло не твердое. Весь глазъ лежитъ въ костяной впадинѣ. Задняя вогнутая стѣнка ея, на которую отбрасывается изображеніе предмета, придвинуться къ оптической системѣ не можетъ, и въ свою очередь сама система къ ней придвинуться не можетъ. Поэтому необходимую установку производятъ преломляющія поверхности хрусталика. Роговая оболочка, прикрывающая глазъ снаружи, какъ оболочка предохранительная, должна быть по возможности твердой и своей формы не мѣнять. Взамѣнъ этого въ упругое тѣло обратился хрусталикъ. Онъ можетъ быть растянутъ мускуломъ въ длину и стать болѣе плоскимъ; когда тяга мускула прекращается, онъ тотчасъ принимаетъ первоначальную форму. Такимъ образомъ установка на предметъ, находящійся на опредѣленномъ разстояніи, выполняется при помощи этого мускула.

Но, кромѣ этого неудобства, у стеколъ, по сравненію съ камерой обскурой съ отверстіемъ, окажутся и другіе недочеты и, притомъ, ихъ устранить гораздо труднѣе. Мы вернемся къ этому вопросу въ главѣ о свѣтѣ и тогда разберемъ его въ подробностяхъ. Здѣсь мы укажемъ лишь на то, что теорія не допускаетъ возможности полученія отчетливаго изображенія картины, разъ она представляется подъ большимъ угломъ зрѣнія, а если говорить объ отчетливости приблизительной, о той, какая признается достаточной для цѣлей фотографированія, то можно достичь ея лишь путемъ очень сложнаго сочетанія поверхностей и веществъ разной преломляемости. Малѣйшее уклоненіе поверхности отъ формы, требуемой теоріей, уже влечетъ за собой неясность или одинаковую во всѣхъ частяхъ изображенія, или, если недочеты симметричны относительно оптической оси, увеличивающуюся отъ середины къ краямъ. Изъ сказаннаго легко понять, что механическія приспособленія глаза, сообщающія хрусталику ту или другую кривизну, не могутъ придать поверхностямъ формы математически точной. Такимъ образомъ, нельзя и думать о полученіи въ глазу отчетливаго изображенія всей картины; надо удовольствоваться сравнительно очень небольшой поверхностью, находящейся по близости отъ оси; получающееся здѣсь изображеніе уже отчетливо. Даже въ самые недорогіе фотографическіе объективы получается отчетливое изображеніе большей поверхности, чѣмъ въ глазу. Но этотъ недостатокъ глаза искупается существеннымъ преимуществомъ его, очень большимъ угломъ зрѣнія, а это достигается лишь за счетъ отчетливости. Въ оба глаза заразъ попадаютъ лучи.

образующіе между собой уголъ большій 180°: между тѣмъ, какъ бы ни была совершенна конструкція объектива, такого угла охватить онъ не можетъ.

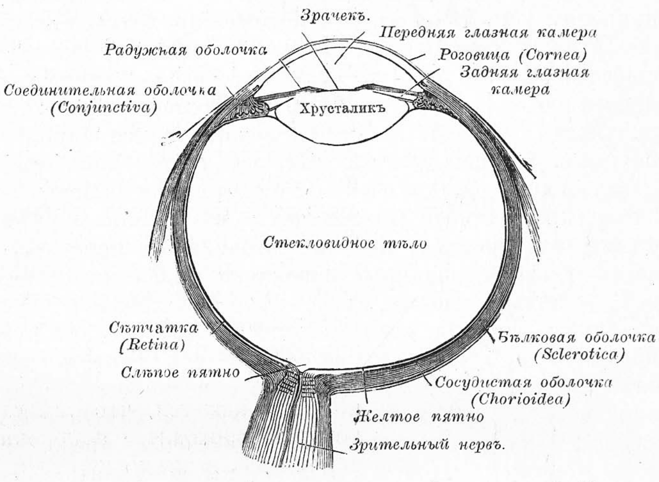
Для тѣхъ цѣлей, какія долженъ преслѣдовать глазъ въ качествѣ органа зрѣнія, лучшаго сочетанія его недостатковъ и преимуществъ, по сравненію съ математически-совершенной оптической системой, придумать было бы невозможно. Мы получаемъ зрительное увѣдомленіе о событіяхъ, насъ интересующихъ или угрожающихъ намъ опасностью: можетъ быть, оно и не вполнѣ отчетливо, зато кругъ, охватываемый имъ, настолько великъ, насколько это вообще возможно. Мы тотчасъ же переносимъ его для болѣе точнаго изслѣдованія въ обладающую особой остротой зрѣнія среднюю часть глаза. И для насъ это устройство глаза гораздо важнѣе такого, гдѣ поле зрѣнія было бы во всѣхъ своихъ частяхъ одинаково отчетливо, но меньше, потому что на самомъ-то дѣлѣ предметы рисовались бы на немъ невѣрно. Недочеты оптической системы меньше всего сказываются у ея оси; если мы желаемъ разсмотрѣть отчетливо изображенія, получающіяся не по близости отъ оси, мы вынуждены переносить ихъ къ оси, а потому выходитъ, что наше изслѣдованіе глазомъ, именно благодаря его недостаткамъ, болѣе свободно отъ ошибокъ, чѣмъ въ томъ случаѣ, если бы его оптическіе недочеты были устранены гораздо лучше.



Разрѣзъ человѣческаго глаза. См. текстъ, стр. 36.

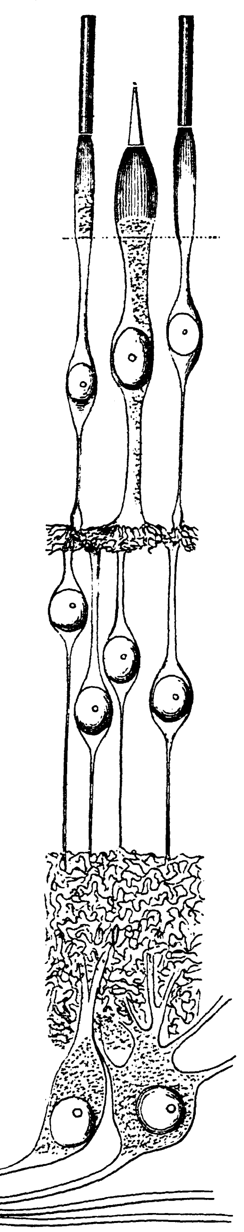
Въ соотвѣтствіи съ этими оптическими приспособленіями глаза, развивалась и его **сѣтчатка**; въ ней оканчиваются нервныя волокна, передающія раздраженія, воспринимаемыя зрѣніемъ, дальше къ центрамъ сознанія. Эти нервныя волокна оканчиваются очень тонкими особаго вида колбочками и палочками, какъ это изображено на рисункѣ на стр. 38. Въ тѣхъ частяхъ сѣтчатки, которыя ближе къ оси, эти концевые органы нервовъ расположены особенно густо. Тутъ какъ разъ находится тотъ небольшой участокъ ея, по своему виду и за свой цвѣтъ названный „**желтымъ пятномъ**“; въ немъ только однѣ колбочки, въ смыслѣ воспріимчивости къ свѣту далеко оставляющія за собой палочки. На это-то желтое пятно, имѣющее въ діаметрѣ всего около 0,3 мм. и охватывающее уголъ зрѣнія едва въ 1°, мы переводимъ изображеніе того предмета, на которомъ желали бы остановиться, чтобы разглядѣть получше. Хотя этихъ элементовъ нервныхъ окончаній, необыкновенно близко расположенныхъ другъ отъ друга, насчитываются сотни тысячъ, все же они другъ отъ друга отдѣлены. Вслѣдствіе этого и картина, которую наша сѣтчатка передаетъ сознанію, состоитъ изъ отдѣльныхъ впечатлѣній, изъ отдѣльныхъ зеренъ, какъ изображеніе на фотографической пластинкѣ, хотя, конечно, они несравненно тоньше, чѣмъ на пластинкѣ. Но, въ концѣ концовъ, картина міра остается **мозаикой** и не сливается въ нѣчто цѣлое, уже совсѣмъ нераздѣльное. И если ученіе атомистовъ передаетъ, дѣйствительно, то, что есть на самомъ дѣлѣ, то эта мозаичная картина будетъ вѣрнѣе, ближе къ истинѣ, чѣмъ та слитная картина, которую, какъ мы думаемъ, мы видимъ.

Это устройство желтаго пятна, въ связи съ оптическими недочетами глаза, и позволяетъ намъ произвести тѣ необыкновенно точныя измѣренія, къ которымъ мы прибѣгаемъ въ дальнѣйшемъ изложеніи вездѣ, гдѣ требуется болѣе глубокое знаніе природы. Это устройство заставляетъ насъ при всякаго рода сравненіяхъ



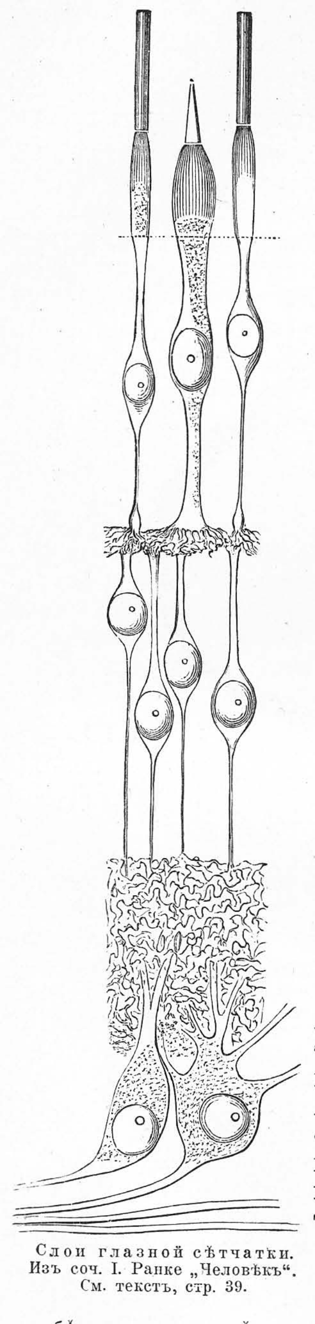
Разрѣзъ человѣческаго глаза. См. текстъ, стр. 36.

пользоваться всегда однѣми и тѣми же частями нашего нервнаго аппарата, а потому въ такого рода сравненіяхъ ошибки этого нервнаго аппарата, какъ одинаковыя по величинѣ разности, должны исключиться. Положимъ, что мы сравниваемъ между собой двѣ мѣры длины; мы прикладываемъ ихъ другъ къ другу вплотную и приводимъ два какихъ-нибудь дѣленія на этихъ мѣрахъ въ совпаденіе. Смыслъ того, что мы при этомъ дѣлаемъ, вотъ какой: въ силу извѣстнаго устройства нашей нервной системы, мы приходимъ къ убѣжденію, что, при медленномъ передвиганіи глазной оси вдоль по обоимъ штрихамъ, свѣтовыя впечатлѣнія будутъ получаться всегда на однихъ и тѣхъ же элементахъ сѣтчатки. Путемъ подобныхъ же сравненій другихъ штриховъ на этихъ мѣрахъ, то есть съ помощью такихъ же наблюденій надъ ихъ совпаденіями, что и раньше, опредѣляютъ, на сколько единицъ одна мѣра меньше другой. Такимъ образомъ вся операція измѣренія сводится къ подсчету повторяющихся раздраженій одного и того же порядка на одно и то же мѣсто сѣтчатки. Но стóитъ этого основного пріема точныхъ измѣреній не выполнить, какъ тотчасъ появятся всякаго рода личныя ошибки и оптическіе обманы, и глазъ придется признать столь же ненадежнымъ орудіемъ для изученія явленій природы, какъ и всѣ остальные органы чувствъ. Лучше всего это видно на ошибкахъ при измѣреніяхъ на глазъ. Всѣ знаютъ, какого рода обманомъ зрѣнія сопровождается разсматриваніе такъ называемаго целльнерова парадокса (см. чертежъ a на стр. 39). Линіи на самомъ дѣлѣ параллельны, но намъ кажется, что онѣ сходятся на той сторонѣ, отъ которой расходятся поперечныя прямыя. Тутъ сталкиваются два взаимно противорѣчащихъ впечатлѣнія чувства. Почему мы не задумываясь должны отдать предпочтеніе тому впечатлѣнію, которое основывается на совпаденіи, мы уже выяснили. Двѣ другихъ иллюзіи глаза представлены чертежами b и c. Сравнивая отрѣзки круга, мы скажемъ съ увѣренностью, что нижній больше верхняго, а между тѣмъ оба они совершенно равны. Уголъ, раздѣленный на части, кажется больше угла, не раздѣленнаго. Ошибочное представленіе возникаетъ благодаря тому, что при такомъ расположеніи линій на рисункѣ мы не въ состояніи приводить равныя доли ихъ въ непосредственное соприкосновеніе въ глазу. Поэтому, при образованіи сужденія, намъ приходится прибѣгнуть къ цѣлымъ ассоціаціямъ мыслей, къ психологическому процессу, на которомъ и отражается вліяніе этихъ одного и того же порядка ошибокъ.

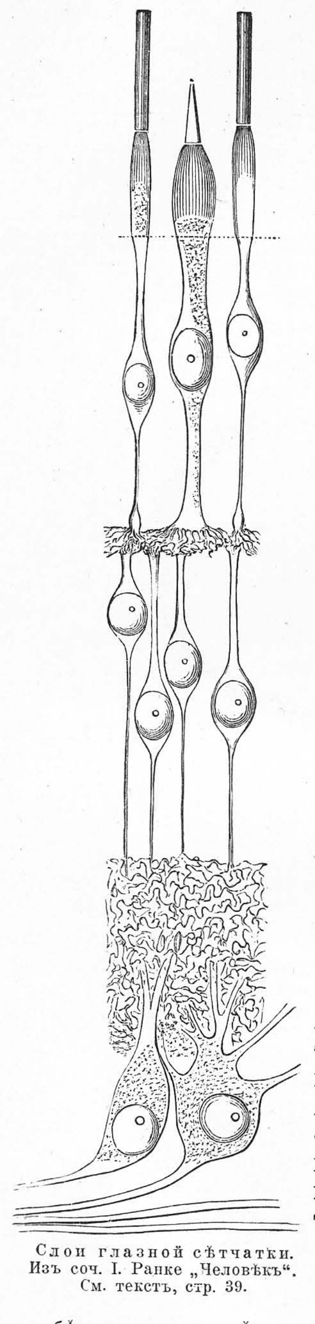


Слои глазной сѣтчатки. Изъ соч. I. Ранке „Человѣкъ“. См. текстъ, стр. 39.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, напримѣръ, при опредѣленіи разстоянія между двойными звѣздами или при опредѣленіи діаметра планетъ, астрономамъ приходится прибѣгать къ слѣдующему пріему: сначала приводятъ въ совпаденіе съ одной нитью одинъ предметъ, одну звѣзду, а потомъ наводятъ другую нить на другую звѣзду и при этомъ слѣдятъ, чтобы первое совпаденіе за то время, пока устанавливаютъ второе, не разстроилось. А это уже лежитъ за предѣлами яснаго зрѣнія. Возникаютъ систематическія ошибки, зависящія отъ положенія глаза наблюдателя по отношенію къ нитямъ. Въ такъ называемыхъ геліометрахъ этихъ ошибокъ нѣтъ, такъ какъ здѣсь обѣ звѣзды сводятся въ одно мѣсто.



Слои глазной сѣтчатки.
Изъ соч. І. Ранке „Человѣкъ“.
См. текстъ, стр. 39.

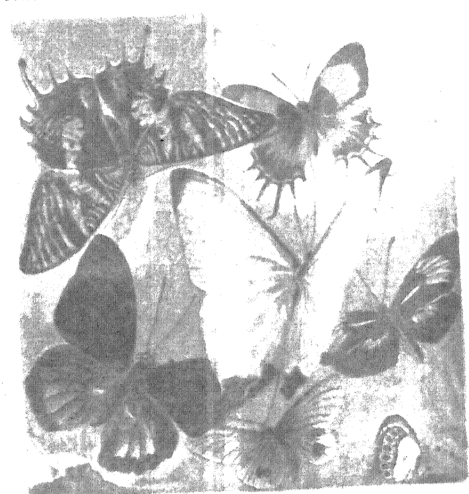


Слои глазной сѣтчатки.
Изъ соч. I. Ранке „Человѣкъ".
См. текстъ, стр. 39.

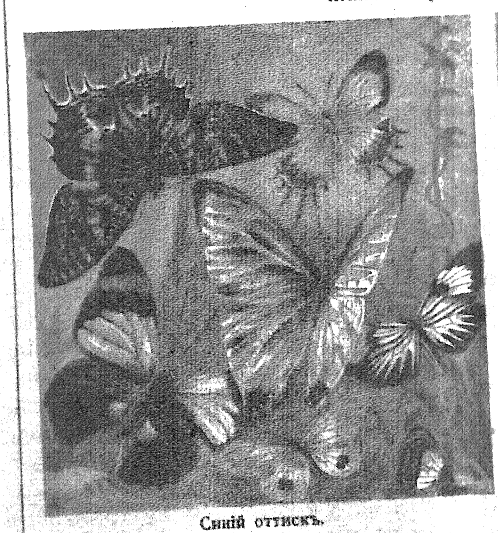


Желтый оттискъ.

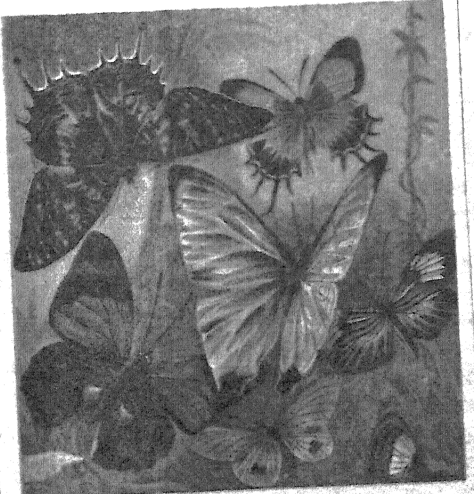
Красный оттискъ.



Желтый и красный оттиски вмѣстѣ.



Синій оттискъ.

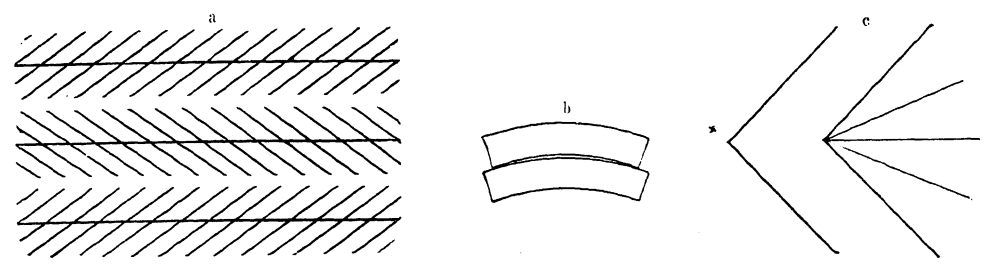


Три оттиска вмѣстѣ.

Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

Способъ воспроизведенія цвѣтныхъ изображеній тремя красками (трехкрасочное печатаніе).

Вѣрность выводовъ, основанныхъ на наблюденіи совпаденій несомнѣнна и очевидна, а потому стараются преобразовать дѣйствія силъ природы такъ, чтобы изслѣдованіе ихъ свелось на измѣреніе совпаденій. Этимъ соображеніемъ и было вызвано изобрѣтеніе вѣсовъ, термометра и многихъ другихъ инструментовъ, о которыхъ мы узнаемъ больше изъ дальнѣйшаго изложенія. Совершенно такія же наблюденія, только въ области функцій нашей нервной системы, позволяютъ установить равенство высотъ двухъ звуковъ, и, какъ мы знаемъ, это можно установить съ такой же точностью, какъ устанавливаютъ глазомъ фактъ видимаго совпаденія. На томъ же принципѣ основывается опредѣленіе яркостей свѣта фотометромъ. Въ фотометрѣ части поверхности, лежащія рядомъ, освѣщены двумя различными источниками свѣта; одинъ изъ нихъ ослабляютъ до тѣхъ поръ, пока поверхность не будетъ освѣщена повсюду одинаково. При этомъ мы устанавливаемъ, что для всѣхъ точекъ поверхности, при переходѣ отъ одной точки къ другой, нервныя окончанія испытываютъ раздраженія одинаковой силы. Но если бы въ установленіи этого факта участвовали разные отдѣлы сѣтчатки, то мы, конечно, не могли бы быть увѣрены въ равенствѣ свѣтовыхъ впечатлѣній, даже если бъ они и казались намъ равными.



Оптическій обманъ. См. текстъ, стр. 38.

Соображенія, приведенныя до сихъ поръ, касались только впечатлѣній, обусловленныхъ большей или меньшей **яркостью** предмета. Но за этими впечатлѣніями идутъ впечатлѣнія цвѣтовыя; они вносятъ много разнообразія въ картину природы и даютъ намъ въ руки могучее орудіе для изученія природы. Физіологическая сторона процесса возникновенія цвѣтовыхъ представленій у насъ въ глазу остается до сихъ поръ необъясненной, несмотря на всѣ старанія и изслѣдованія, и, насколько намъ извѣстно, еще не выяснено, совершается ли воспріятіе свѣта и воспріятіе цвѣтовъ при помощи химическаго процесса, какъ въ фотографіи, или благодаря механическому раздраженію, вызываемому волнообразнымъ движеніемъ эѳира. Тутъ играетъ важную роль одинъ таинственный, въ сущности до сихъ поръ непонятный химическій процессъ; сѣтчатка все время орошается красной жидкостью, „**зрительнымъ пурпуромъ**“, очень скоро обезцвѣчивающимся на свѣту, такъ что получить его въ его природномъ состояніи мы не можемъ. Если сравнительно долго держать глаза закрытыми, то этого вещества накопляется особенно много, и глазъ, какъ оказывается, пріобрѣтаетъ еще бо́льшую чувствительность. Можно представить себѣ, что процессъ происходитъ такъ: зрительный пурпуръ, будучи разложенъ свѣтомъ, начинаетъ пропускать его легче, и, благодаря этому, свѣтовыя раздраженія въ соотвѣтственныхъ мѣстахъ сѣтчатки усиливаются. Въ такомъ случаѣ зрительный пурпуръ можно уподобить тѣмъ усиливающимъ средствамъ, къ которымъ прибѣгаютъ фотографы. Но появленію тѣхъ или другихъ цвѣтовыхъ раздраженій онъ, повидимому, ничуть не способствуетъ. Теоретически трудно себѣ представить, чтобы причина ихъ лежала въ химическомъ процессѣ, а всѣ произведенныя до сихъ поръ физіологическія изслѣдованія говорятъ также противъ этого. Гораздо болѣе вѣроятнымъ представляется такое предположеніе: въ глазу происходитъ процессъ смѣшенія, совершенно такой же, какъ искусственно воспроизводимый процессъ такъ называемаго трехвѣтнаго печатанія, образецъ котораго мы даемъ на отдѣльной таблицѣ. Три цвѣта: красный, желтый и синій, будучи смѣшаны въ надлежащей пропорціи, даютъ всѣ тѣ тонкіе оттѣнки

цвѣтовъ, которые мы видимъ у насъ на таблицѣ. Но если бы на основаніи такой практической осуществимости исполненія картинъ въ краскахъ мы стали бы утверждать, что цвѣтныя изображенія въ нашемъ глазу передаются сознанію точно такимъ же образомъ, то такое заключеніе слѣдовало бы признать поспѣшнымъ: произведенныя въ этомъ направленіи изслѣдованія также не позволяютъ высказаться окончательно. Интересно то, что есть страдающіе цвѣто-слѣпотой къ цвѣтамъ: красному, зеленому и синему, но страдающихъ желтой цвѣто-слѣпотой нѣтъ. Слѣпому къ зеленому цвѣту листва лѣтомъ кажется такой, какой она выходитъ обыкновенно на фотографическихъ снимкахъ, то есть въ ней будутъ только оттѣнки свѣтлые и темные. Но, по мѣрѣ того, какъ листва начинаетъ пріобрѣтать осеннюю окраску, такой человѣкъ будетъ разбирать ея цвѣта все лучше и лучше. Видъ природы въ глазахъ слѣпого къ зеленому цвѣту приблизительно соотвѣтствуетъ рисунку на нашей таблицѣ, отпечатанному въ двухъ краскахъ изъ тѣхъ трехъ, которыя берутся для трехцвѣтнаго печатанія. И если бы глазная сѣтчатка состояла изъ трехъ слоевъ колбочекъ и каждый изъ нихъ отвѣчалъ бы только на одинъ изъ трехъ основныхъ цвѣтовъ, то сочетаніемъ неодинаковыхъ по силѣ раздраженій всѣхъ трехъ слоевъ мы могли бы довести до сознанія тѣ или другіе оттѣнки цвѣтовъ; явленіе цвѣтной слѣпоты, съ этой точки зрѣнія, можно было бы объяснить заболѣваніемъ одного изъ этихъ слоевъ. Но, какъ мы уже сказали, изслѣдованія надъ этимъ заболѣваніемъ далеко не доведены до конца.

Если бы въ своемъ изслѣдованіи силъ природы, для установленія цвѣта, мы пользовались только глазомъ, то, какъ ни велико число воспринимаемыхъ имъ цвѣтовыхъ оттѣнковъ, большинство интереснѣйшихъ открытій не было бы сдѣлано до сихъ поръ. Изобрѣтеніе спектроскопа позволило почти во всѣхъ важнѣйшихъ случаяхъ для опредѣленія цвѣта примѣнять методъ совпаденій: съ помощью этого прибора мы сравниваемъ линіи спектровъ различныхъ источниковъ свѣта, измѣривъ ихъ положеніе другъ относительно друга. Этотъ методъ привелъ насъ къ самымъ удивительнымъ открытіямъ современнаго естествознанія. Такъ, узнали составъ и совершенно незамѣтныя для насъ движенія міровъ, находящихся за предѣлами нашего міра. Въ главѣ по оптикѣ мы вернемся къ этимъ вопросамъ, оставляя безъ разсмотрѣнія только то, что уже было сообщено нами въ книгѣ „Мірозданіе“, тамъ, гдѣ говорится о результатахъ спектральнаго анализа надъ свѣтилами.

Впечатлѣнія свѣта и цвѣтовъ не сразу въ глазу получаются и не въ одно время съ прекращеніемъ физическаго раздраженія прекращаются. У каждаго изъ насъ наберется не мало такихъ примѣровъ „остаточныхъ изображеній“. Свѣтящійся предметъ, привязанный къ ниткѣ и приведенный во вращательное движеніе, производитъ у насъ въ глазу впечатлѣніе круга, радіусъ котораго равенъ длинѣ нити. Еще свѣтъ не успѣлъ перестать раздражать одну точку сѣтчатки, какъ уже раздражается слѣдующая по кругу точку ея. Въ жизни это свойство глаза пріобрѣтаетъ большое значеніе, такъ какъ, при очень быстро смѣняющихъ другъ друга свѣтовыхъ впечатлѣніяхъ, мы не имѣли бы достаточно времени, чтобы составить себѣ о нихъ сужденіе. Но это же свойство создаетъ цѣлый рядъ оптическихъ обмановъ. Мы должны себѣ отвѣтить, какъ эти обманы отзываются на нашихъ изслѣдованіяхъ. Каждый знаетъ по опыту, что сквозь открытыя окна поѣзда, несущагося мимо нашего глаза, мѣстность видна такъ же хорошо и безъ какихъ бы то ни было разрывовъ, какъ если бы поѣзда передъ нашими глазами вовсе не было. Самое большее,—видъ нѣсколько потускнѣетъ. Такимъ образомъ, если темныя тѣла проносятся передъ нами съ достаточной скоростью, глазъ вовсе ихъ не обнаруживаетъ, хотя они могутъ имѣть размѣры вполнѣ замѣтные. Поэтому, атомы эѳира, которые носятся вокругъ насъ съ необычайной быстротой, вовсе не должны быть непремѣнно необыкновенно малы, чтобы остаться нами незамѣченными. Можно также себѣ представить, что тѣ тѣла, которыя мы называемъ твердыми, могутъ обладать скважистымъ молекулярнымъ строеніемъ. Для этого достаточно, чтобы мельчайшія части ихъ очень быстро колебались впередъ и назадъ. Тогда у насъ явится ощущеніе твердой поверхности, въ родѣ того, какъ

у насъ являлось впечатлѣніе круга, при движеніи вращающагося шарика. Если колеблющіяся молекулы обладаютъ достаточной силой и если онѣ будутъ попадаться во всѣхъ направленіяхъ, то такое вещество мы будемъ считать непроницаемымъ, хотя тѣ же молекулы, находясь въ состояніи покоя, отдѣлены значительными промежутками.

Наши чувства служатъ источникомъ такихъ или подобныхъ этимъ ошибокъ. Мы убѣждаемся въ ошибочности своего сужденія только по противорѣчіямъ между ними и при помощи большого числа свидѣтельствъ и доказательствъ, вѣрность которыхъ достаточно подтверждается большимъ числомъ фактовъ, взятыхъ изъ другихъ областей. Примѣромъ можетъ служить методъ наблюденія совпаденій, о которомъ мы много разъ говорили. Но и теперь отъ времени до времени мы впадаемъ въ такого рода ошибки, не зная, что это именно обманъ чувства.

Съ другой стороны, цѣлый рядъ явленій природы и производимыхъ тѣлами дѣйствій можетъ ускользнуть отъ насъ по той причинѣ, что дѣйствіе и противодѣйствіе для нашего чувства уничтожаются или какъ-нибудь иначе передъ нимъ скрываются. Мы возьмемъ изъ науки о небѣ особенно яркій примѣръ того, какъ могутъ оставаться невѣдомыми другъ другу предметы, находящіеся очень близко другъ отъ друга. Какъ извѣстно, луна повернута къ намъ всегда одной стороной. Предположимъ, что на лунѣ живутъ разумныя существа, которыя по какой-либо причинѣ вынуждены постоянно оставаться на той части луны, которая смотритъ въ сторону отъ земли; они не имѣли бы никакого представленія о большомъ тѣлѣ, о землѣ, которая находится настолько близко отъ нихъ, насколько это возможно, и которая является главной причиной движенія ихъ планеты. Но остальныя небесныя свѣтила они видѣли бы такъ же отчетливо, какъ и мы. Лишь путемъ очень сложныхъ умозаключеній они пришли бы къ признанію необходимости существованія этого ближайшаго къ нимъ изъ міровыхъ тѣлъ, между тѣмъ какъ наука о всѣхъ самыхъ отдаленныхъ мірахъ, быть можетъ, стояла бы у нихъ на той же высотѣ, что и у насъ.

Легко можетъ статься, что по отношенію ко многимъ вещамъ въ природѣ мы занимаемъ то же положеніе, что и эти предполагаемые жители луны. Такъ, въ продолженіе цѣлыхъ тысячелѣтій, человѣчество не знало ничего о всюду и всегда находившемся электричествѣ, за исключеніемъ нѣсколькихъ не заслуживающихъ особаго вниманія фактовъ. Свойство двухъ разнородныхъ электричествъ другъ друга уничтожать, благодаря чему оба становятся недѣятельными, имѣетъ нѣкоторое сходство съ тѣмъ равенствомъ, которое существуетъ между продолжительностью одного оборота луны и временемъ ея обращенія вокругъ земли и которымъ объясняется указанная нами выше особенность ея движенія. Мы думаемъ, что много удивительныхъ вещей происходитъ, благодаря такому исчезновенію дѣйствій въ химическихъ реакціяхъ, тамъ, гдѣ начало реакціи обусловлено вліяніемъ свѣта. Уже въ достаточной степени выяснено, что свѣтъ оказываетъ при извѣстныхъ условіяхъ самое существенное вліяніе на движенія тѣхъ мельчайшихъ частицъ матеріи, которыя участвуютъ въ химическихъ превращеніяхъ. Какія тутъ могутъ быть чудеса, показываетъ возникновеніе производящаго зеленую окраску растеній хлорофилла и назначеніе зрительнаго пурпура. Число веществъ, принадлежащихъ къ области органической химіи, оказывающихся свѣточувствительными, возрастаетъ день отъ дня. Но, конечно, можетъ быть и такъ, что тѣ вещества, которыя мы считаемъ наиболѣе чувствительными къ свѣту, разлагаются подъ его вліяніемъ медленнѣе другихъ и кажутся намъ свѣточувствительными, только благодаря медлительности нашихъ чувствъ. Быть можетъ, есть такія вещества, чувствительность которыхъ къ свѣту значительно выше, такъ что самое слабое прикосновеніе къ нимъ свѣтовой волны разлагаетъ ихъ на тѣ составныя части, которыя только намъ и извѣстны. Есть много основаній думать, что свѣтъ въ строеніи мельчайшихъ частицъ матеріи играетъ гораздо большую роль, чѣмъ до сихъ поръ предполагали. Чтобы уяснить его значеніе надо открыть такіе пріемы химическаго изслѣдованія, которыми можно было бы пользоваться при полной темнотѣ. Глазъ, который въ другихъ случаяхъ, является самымъ надеж-

нымъ орудіемъ, здѣсь оказывается непригоднымъ. Придется съ помощью этихъ новыхъ пріемовъ наново переработать всю химію, пользуясь для изученія реакцій только осязаніемъ, вкусомъ, обоняніемъ и слухомъ и, если окажется, что есть такія реакціи, которыя, благодаря тому, что происходятъ въ темнотѣ, отличаются отъ извѣстныхъ намъ реакцій, то это будетъ значить, что открыто въ высшей степени чувствительное къ свѣту вещество. Закрѣпивъ продуктъ происходящаго отъ дѣйствія свѣта разложенія, какъ это дѣлаютъ при процессѣ фотографированія, мы могли бы потомъ изучить эту новую реакцію и на свѣту. Только такіе пріемы могутъ освободить фотографированіе отъ солей металловъ, съ помощью которыхъ можно достигнуть сравнительно грубыхъ результатовъ, а это должно ознаменоваться успѣхами неожиданными.

Теперь мы начнемъ приводить въ систему воспринятыя нашими чувствами впечатлѣнія и попытаемся возсоздать изъ нихъ картину природы въ ея цѣлостности.

Первая часть.

Физическія явленія и ихъ законы.

1. Великія движенія, совершающіяся въ міровомъ пространствѣ.

При выборѣ явленій, которыя мы включаемъ въ область нашихъ подробныхъ изслѣдованій раньше другихъ, мы руководствуемся ихъ замѣтностью. Съ этой точки зрѣнія, если даже ограничить кругъ изслѣдованія одной землей, мы должны сразу остановиться на явленіяхъ притяженія. Но на мыслящаго наблюдателя гораздо большее впечатлѣніе, чѣмъ всѣ событія, происходящія на землѣ въ непосредственной отъ него близости, произведутъ явленія на небесномъ сводѣ. Во всякомъ случаѣ, даже не особенно углубляясь въ изученіе видимыхъ нами тамъ на высотѣ движеній, мы должны признать, что это — движенія наиболѣе значительныя и чистыя, что въ нихъ управляющіе ими законы природы проявляются отчетливѣе, чѣмъ на землѣ, гдѣ чистотѣ движеній вредитъ масса постороннихъ вліяній. А такъ какъ движенія свѣтилъ проще другихъ движеній, то съ нихъ слѣдуетъ и начать. Мы уже знаемъ, что наука о движеніяхъ давно составила особую вѣтвь физики въ собственномъ смыслѣ этого слова. Но если мы хотимъ, чтобы картина дѣйствія силъ природы, которую мы думаемъ здѣсь представить, носила характеръ общій, универсальный, надо прежде всего дать обзоръ этой науки о небесныхъ движеніяхъ, затѣмъ перейти отъ небесныхъ пространствъ къ землѣ и тутъ прослѣдить тѣ самые законы, которые правятъ тамъ въ высотахъ въ своей возвышенной простотѣ, до ихъ тончайшихъ проявленій.

Останавливаться на томъ, какимъ путемъ добыты результаты астрономическихъ наблюденій, которые будутъ положены нами въ основу нашихъ соображеній, мы теперь не можемъ. Ограничимся только указаніемъ, что добыты они при посредствѣ наиболѣе точнаго изъ извѣстныхъ намъ методовъ, — метода наблюденія совпаденій, при которомъ дѣйствіе обмановъ чувствъ исключается, а точность измѣреній доведена до тѣхъ предѣловъ, какіе только доступны людямъ.

Эти изслѣдованія, о которыхъ болѣе подробно можно прочесть въ нашей книгѣ „Мірозданіе“, показали, что всѣ небесныя тѣла находятся въ непрестанномъ движеніи. Отчасти это движенія кажущіяся и объясняются перемѣщеніемъ насъ самихъ въ міровомъ пространствѣ, отчасти же эти движенія совершаются среди безчисленныхъ милліоновъ небесныхъ свѣтилъ на самомъ дѣлѣ, и, насколько мы можемъ судить при теперешнемъ уровнѣ нашихъ знаній, они *равномѣрны* и *прямолинейны*. Самая значительная часть извѣстной намъ матеріи находится въ наиболѣе простомъ изъ движеній, какія мы вообще въ состояніи себѣ представить. Нашему сознанію картина природы рисовалась бы сравнительно просто, если бы, къ несчастью, эти тѣла не были бы отдѣлены отъ насъ неизмѣримо большимъ разстояніемъ, такъ что тѣ уклоненія отъ основного движенія, какія у насъ въ небольшомъ уголкѣ міра усматриваются повсюду, здѣсь скрадываются. Можно думать, и, вѣроятно, такъ оно и есть на самомъ дѣлѣ, что тѣ прямоли-

нейныя движенія, которыя въ ходѣ смѣняющихся одно другимъ тысячелѣтій представляются намъ прямолинейными, окажутся просто небольшими частями вращательныхъ движеній, въ сущности ничѣмъ не отличающихся отъ тѣхъ движеній, какія мы наблюдаемъ вблизи отъ насъ.

Эти то кажущіяся прямолинейныя движенія происходятъ въ пространствахъ неизмѣримо большихъ, въ мірѣ неподвижныхъ звѣздъ, гдѣ къ невѣдомой намъ цѣли несутся милліоны солнцъ, подобныхъ нашему. И если бы въ млечномъ пути, въ его таинственномъ кольцѣ, мы не имѣли бы примѣра того, какъ скопленіе солнцъ, влекомыхъ общей силой, должно такъ согласовать свои движенія, чтобы придать имъ этотъ общій распорядокъ, мы готовы были бы думать, что это прямолинейное и равномѣрно-поступательное движеніе есть неотъемлемое свойство первичнаго состоянія матеріи. При современномъ состояніи науки мы не можемъ открыть причины этихъ движеній и самое большее, что мы въ состояніи были бы сдѣлать, — это приписать уклоненія отъ движенія по прямой, чего до сихъ поръ не наблюдали, общему притяженію всей системы млечнаго пути.

Мы должны думать, что какой-нибудь родъ движенія существовалъ безусловно съ самаго начала. Еще на первыхъ страницахъ мы рѣшили принципіально, какъ можно дальше держаться отъ всякихъ разсужденій объ абсолютномъ началѣ. Поэтому скажемъ, что еще до какого бы то ни было начала, постигаемаго нашей мыслительной способностью, существовала матерія и что эта матерія была приведена въ движеніе процессами, которые были еще до этого начала; они лежатъ, стало быть, за предѣлами нашей мыслительной способности; можно еще предположить, что прямолинейное равномѣрное движеніе было первичнымъ состояніемъ матеріи до тѣхъ поръ, пока вліянія не измѣнили этого рода движенія. Вообще говоря, мы не можемъ себѣ представить, чтобы тѣло, находящееся въ движеніи, могло бы прекратить это движеніе безъ того, чтобы къ этому не принудило его нѣчто, дѣйствующее на него извнѣ. Ибо каждое дѣйствіе должно имѣть свою причину, иначе намъ вообще пришлось бы отказаться отъ какого бы то ни было обсужденія процессовъ, совершающихся вокругъ насъ. Это первое и основное положеніе всякаго изслѣдованія, и изъ него сразу вытекаетъ другое положеніе: каждое дѣйствіе должно имѣть равное ему противодѣйствіе. Ньютонъ первый облекъ это положеніе въ общую форму и доказалъ опытами его справедливость; впрочемъ, это положеніе настолько же ясно, какъ то, что, если мы отнимемъ отъ какой-нибудь опредѣленной величины другую, а потомъ снова ее прибавимъ, то въ суммѣ получимъ прежнюю величину; или что вѣсы, когда на обѣ чашки ихъ положить одинаковые грузы, должны остаться въ положеніи равновѣсія. Разъ есть движеніе, оно не можетъ прекратиться до тѣхъ поръ, пока не встрѣтитъ равнаго ему по величинѣ препятствія. Положимъ, что тѣло встрѣчается съ другимъ тѣломъ такихъ же размѣровъ, движущимся съ такой же скоростью, но по направленію, прямо противоположному его собственному движенію; очевидно, тутъ всѣ условія одинаковы, и дѣйствія должны взаимно уничтожиться.

Изъ этого главнаго принципа, устанавливающаго равенство дѣйствій, производимыхъ одинаковыми причинами, вытекаетъ, какъ необходимое логическое слѣдствіе, такъ называемый законъ инерціи, согласно которому ни одно тѣло не можетъ измѣнить своего состоянія до тѣхъ поръ, пока къ этому не принудитъ его какое-нибудь дѣйствіе. Если ничто не дѣйствуетъ извнѣ, само тѣло не имѣетъ никакого повода прекратить движеніе, въ которомъ оно находится, или же выйти изъ состоянія покоя. Первая часть этого положенія еще сравнительно недавно представлялась изслѣдователямъ природы далеко не такъ понятной, какъ это теперь кажется намъ. Въ самомъ дѣлѣ, на землѣ мы не видимъ движеній, продолжающихся безъ конца: вылетѣвшая изъ ружья пуля въ концѣ концовъ падаетъ на землю, съ какой бы силой свой полетъ она ни начала. Какъ ни уравновѣшено въ своихъ подшипникахъ маховое колесо, скорость его вращенія все уменьшается, и, наконецъ, оно останавливается. Тому, кто не вполнѣ уяснилъ себѣ смыслъ этого положенія, можетъ показаться, что оно противорѣчитъ другому

нейныя движенія, которыя въ ходѣ смѣняющихся одно другимъ тысячелѣтій представляются намъ прямолинейными, окажутся просто небольшими частями вращательныхъ движеній, въ сущности ничѣмъ не отличающихся отъ тѣхъ движеній, какія мы наблюдаемъ вблизи отъ насъ.

Эти то кажущіяся прямолинейныя движенія происходятъ въ пространствахъ неизмѣримо большихъ, въ мірѣ неподвижныхъ звѣздъ, гдѣ къ невѣдомой намъ цѣли несутся милліоны солнцъ, подобныхъ нашему. И если бы въ млечномъ пути, въ его таинственномъ кольцѣ, мы не имѣли бы примѣра того, какъ скопленіе солнцъ, влекомыхъ общей силой, должно такъ согласовать свои движенія, чтобы придать имъ этотъ общій распорядокъ, мы готовы были бы думать, что это прямолинейное и равномѣрно-поступательное движеніе есть неотъемлемое свойство первичнаго состоянія матеріи. При современномъ состояніи науки мы не можемъ открыть причины этихъ движеній и самое большее, что мы въ состояніи были бы сдѣлать, — это приписать уклоненія отъ движенія по прямой, чего до сихъ поръ не наблюдали, общему притяженію всей системы млечнаго пути.

Мы должны думать, что какой-нибудь родъ движенія существовалъ безусловно съ самаго начала. Еще на первыхъ страницахъ мы рѣшили принципіально, какъ можно дальше держаться отъ всякихъ разсужденій объ абсолютномъ началѣ. Поэтому скажемъ, что еще до какого бы то ни было начала, постигаемаго нашей мыслительной способностью, существовала матерія и что эта матерія была приведена въ движеніе процессами, которые были еще до этого начала; они лежатъ, стало быть, за предѣлами нашей мыслительной способности; можно еще предположить, что прямолинейное равномѣрное движеніе было первичнымъ состояніемъ матеріи до тѣхъ поръ, пока вліянія не измѣнили этого рода движенія. Вообще говоря, мы не можемъ себѣ представить, чтобы тѣло, находящееся въ движеніи, могло бы прекратить это движеніе безъ того, чтобы къ этому не принудило его нѣчто, дѣйствующее на него извнѣ. Ибо каждое дѣйствіе должно имѣть свою причину, иначе намъ вообще пришлось бы отказаться отъ какого бы то ни было обсужденія процессовъ, совершающихся вокругъ насъ. Это первое и основное положеніе всякаго изслѣдованія, и изъ него сразу вытекаетъ другое положеніе: каждое дѣйствіе должно имѣть равное ему противодѣйствіе. Ньютонъ первый облекъ это положеніе въ общую форму и доказалъ опытами его справедливость; впрочемъ, это положеніе настолько же ясно, какъ то, что, если мы отнимемъ отъ какой-нибудь опредѣленной величины другую, а потомъ снова ее прибавимъ, то въ суммѣ получимъ прежнюю величину; или что вѣсы, когда на обѣ чашки ихъ положить одинаковые грузы, должны остаться въ положеніи равновѣсія. Разъ есть движеніе, оно не можетъ прекратиться до тѣхъ поръ, пока не встрѣтитъ равнаго ему по величинѣ препятствія. Положимъ, что тѣло встрѣчается съ другимъ тѣломъ такихъ же размѣровъ, движущимся съ такой же скоростью, но по направленію, прямо противоположному его собственному движенію; очевидно, тутъ всѣ условія одинаковы, и дѣйствія должны взаимно уничтожиться.

Изъ этого главнаго принципа, устанавливающаго равенство дѣйствій, производимыхъ одинаковыми причинами, вытекаетъ, какъ необходимое логическое слѣдствіе, такъ называемый законъ инерціи, согласно которому ни одно тѣло не можетъ измѣнить своего состоянія до тѣхъ поръ, пока къ этому не принудитъ его какое-нибудь дѣйствіе. Если ничто не дѣйствуетъ извнѣ, само тѣло не имѣетъ никакого повода прекратить движеніе, въ которомъ оно находится, или же выйти изъ состоянія покоя. Первая часть этого положенія еще сравнительно недавно представлялась изслѣдователямъ природы далеко не такъ понятной, какъ это теперь кажется намъ. Въ самомъ дѣлѣ, на землѣ мы не видимъ движеній, продолжающихся безъ конца: вылетѣвшая изъ ружья пуля въ концѣ концовъ падаетъ на землю, съ какой бы силой свой полетъ она ни начала. Какъ ни уравновѣшено въ своихъ подшипникахъ маховое колесо, скорость его вращенія все уменьшается, и, наконецъ, оно останавливается. Тому, кто не вполнѣ уяснилъ себѣ смыслъ этого положенія, можетъ показаться, что оно противорѣчитъ другому

положенію, которое устанавливаетъ невозможность такъ называемаго Perpetuum mobile. Но вся суть въ томъ, что мы не требуемъ, чтобы это движеніе, сколько бы оно ни продолжалось, выполняло какую-нибудь работу. А Perpetuum mobile должно не переставая производить работу, взамѣнъ ни откуда новой силы не получая: силу оно должно производить само изъ себя. При томъ пониманіи физическихъ процессовъ, какое господствовало до Галилея, возможность такого устройства Perpetuum mobile въ принципѣ допускалась. Если вылетѣвшая изъ ружья пуля летитъ безъ какихъ бы то ни было толчковъ дальше, пока притяженіе земли ея не остановитъ, то или она сама, или какая-нибудь другая сокрытая причина будетъ постоянно возобновлять ея движеніе, то есть постоянно вырабатывать силу, обнаруживать ее передъ нашими чувствами. Но непонятно только, почему же тогда, остановившись въ своемъ полетѣ на мгновеніе, пуля не продолжаетъ своего движенія дальше. Чтобы уяснить себѣ это лучше, произведемъ слѣдующій опытъ.

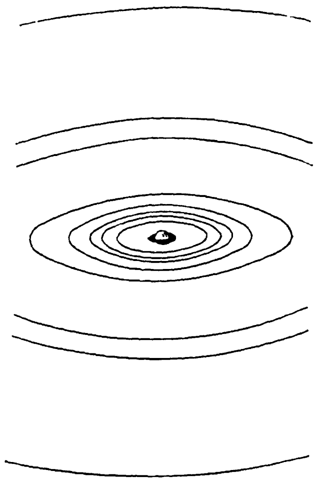
На нити подвѣшенъ шарикъ; если отвести его въ сторону и отпустить, онъ начнетъ качаться около положенія своего равновѣсія. Вплотную съ нимъ подвѣшенъ такимъ же манеромъ другой шарикъ; они другъ къ другу прикасаются. Отведемъ теперь оба шарика по дугѣ круга въ разныя стороны на одинаковую высоту и отпустимъ; они столкнутся и, если они не упруги, остановятся. Каковы бы ни были наши взгляды на причину явленія, такой результатъ мы всегда примемъ, какъ должное: тутъ дѣйствуютъ другъ противъ друга равныя силы и потому нѣтъ никакого основанія предполагать, что одна должна въ чемъ-нибудь уступить другой. Причину же этой остановки каждое изъ двухъ приведенныхъ нами воззрѣній усмотритъ свою особенную. Если сила, приводящая въ движеніе шарики, всегда рождается вновь въ нихъ самихъ, то они находятся въ покоѣ только потому, что давятъ другъ на друга постоянно съ равными силами Если бы мы отвели послѣ того шарики такъ, чтобы они могли пройти мимо другъ друга, они должны были бы двигаться и дальше, а этого на самомъ дѣлѣ не бываетъ.

Мы не будемъ теперь разсматривать опытовъ, которыми доказываютъ принципъ инерціи; разборомъ этихъ производимыхъ на земной поверхности опытовъ мы займемся потомъ. Мы посмотримъ теперь, въ какой мѣрѣ этотъ принципъ, принимаемый нами пока за гипотезу, находитъ себѣ подтвержденіе въ движеніяхъ небесныхъ свѣтилъ. Тѣ движенія небесныхъ свѣтилъ, которыя совершаются вдали отъ другихъ видимыхъ нами свѣтилъ (усмотрѣть какія-нибудь воздѣйствія извнѣ мы поэтому не можемъ), насколько намъ до симъ поръ извѣстно, представляютъ движенія прямолинейныя и равномѣрныя. Итакъ, прежде всего мы должны предположить, что движенія эти совершаются только по одной инерціи. Тамъ же, гдѣ мы видимъ, что два или нѣсколько тѣлъ совершаютъ движенія по близости другъ отъ друга, тамъ они движутся по кривой линіи, изогнутой такъ, что совершенно ясно, что одно изъ нихъ, обыкновенно то, которое уже и по внѣшнему виду кажется большимъ, стремится притянуть къ себѣ другія, присоединить ихъ къ себѣ. Пути этихъ меньшихъ тѣлъ обыкновенно замыкаются, возвращаются въ самихъ себя. Эти тѣла отходятъ отъ большого тѣла, которое вызвало ихъ движенія, на одинаковыя разстоянія.

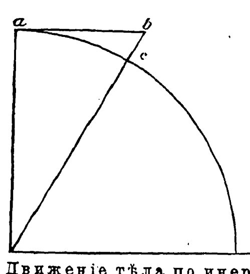
Если изобразить наблюдаемыя нами относительныя движенія тѣлъ, то есть то именно, что мы видимъ съ мѣста нашего наблюденія, то окажется, что это по большей части движенія эллиптическія. На стр. 46 помѣщенъ чертежъ такихъ орбитъ 8 лунъ Сатурна. Внѣшнія орбиты, за недостаткомъ мѣста, изображены только отчасти; въ извѣстные періоды обращенія мы эти части видимъ. Мы можемъ теперь же предположить, что особенный видъ орбитъ объясняется отчасти перспективой, въ которой мы ихъ видимъ, отчасти же физическими законами, производящими эти движенія, законами, указать которые мы теперь намѣреваемся.

Каждое тѣло, имѣющее форму круга, напримѣръ, тарелка, будетъ казаться эллипсомъ, если смотрѣть на нее сбоку; такой эллипсъ тѣмъ болѣе сжатъ, чѣмъ

больше наклонъ луча зрѣнія къ той плоскости, въ которой находится тарелка. Но и эллиптическій самъ по себѣ предметъ, какъ продолговатое блюдо, представится эллипсомъ, если будемъ смотрѣть подъ соотвѣтственнымъ угломъ зрѣнія. Изъ этого уже можно понять, что должны быть пріемы, которые позволяютъ опредѣлить, въ какой степени эту видимую нами форму орбиты слѣдуетъ приписать перспективѣ, сказывающейся въ одномъ и томъ же направленіи всегда одинаково, и въ какой мѣрѣ настоящему ея виду. Можно прямо предположить, что эллиптическія орбиты спутниковъ, кажущіяся вытянутыми въ одномъ и томъ же направленіи, обязаны этой эллиптической формой на самомъ дѣлѣ перспективному сокращенію; что въ дѣйствительности онѣ приблизительно круги, истинные размѣры которыхъ могутъ быть вычислены по видимымъ размѣрамъ орбитъ. Точно также видъ этихъ восьми орбитъ мѣняется и при измѣненіи положенія земли по отношенію къ Сатурну.


Орбиты спутниковъ Сатурна.

Итакъ если эти спутники совершаютъ свое движеніе вокругъ главныхъ планетъ подъ вліяніемъ ихъ притяженія, то они должны въ каждое мгновеніе, оставляя свой первоначальный прямолинейный путь, придвигаться къ управляющимъ ихъ движеніемъ планетамъ на опредѣленное разстояніе. Если бы не было притяженія, тѣло (см. чертежъ рядомъ) за извѣстный промежутокъ времени прошло бы путь отъ a къ b; притяженіе планеты заставляетъ его вернуться снова на кругъ въ точку c, поэтому мѣрой этого притяженія можетъ служить отрѣзокъ bc = s. Но эту величину, даже если размѣръ круга извѣстенъ, можно вычислить только для извѣстнаго промежутка времени. Скорость паденія g одного небеснаго свѣтила на другое можно опредѣлить геометрическимъ построеніемъ; она выразится извѣстнымъ числомъ метровъ въ секунду, если время обращенія и діаметръ орбиты даны въ этихъ именно мѣрахъ. Для круговой орбиты у насъ получится простая формула $g = \frac{4\pi^2 r}{u^2}$ (¹), гдѣ r радіусъ круга, π извѣстное лудольфово число, представляющее собой отношеніе окружности круга къ діаметру (3,1416 .....), а u—время обращенія.



Движеніе тѣла по инерціи и въ то же время подъ вліяніемъ силы притяженія.

Для спутниковъ планетъ r и u можно получить прямо изъ наблюденій. Остается теперь узнать, черезъ сколько времени разсматриваемый нами спутникъ снова придетъ въ мѣсто своего наибольшаго отстоянія отъ главной планеты (элонгацію) съ той же стороны, что и въ предыдущій разъ; кромѣ того, надо еще опредѣлить величину этого разстоянія: его можно измѣрить, напримѣръ, въ видимыхъ діаметрахъ планеты. И если вѣренъ нашъ главный и основной законъ, законъ инерціи, о чемъ судить мы пока не могли по недостатку матеріала, по недостатку наблюденій, то планеты, дѣйствительно, притягиваютъ своихъ спутниковъ съ силой g. Мы приводимъ здѣсь для каждаго изъ четырехъ старшихъ спутниковъ Юпитера числа, полученныя изъ наблюденій.

	u	r	S^2g		u	r	S^2g
I	1,7691	5,933	74,83	III	7,1545	15,057	11,61
II	3,5512	9,437	29,56	IV	16,6890	26,486	3,75

Чтобы эти числа не были слишкомъ велики или слишкомъ малы, мы выразили время обращенія не въ секундахъ, а въ суткахъ, стало быть, получили вели-

(¹) Величина g, называемая въ механикѣ ускореніемъ, опредѣляется здѣсь по необходимости только приблизительно. *Примѣч. редакт.*

чины въ 60×60×24=86400 разъ большія. На квадратъ этого числа надо раздѣлить числа послѣдняго ряда, чтобы получить въ радіусахъ Юпитера (въ нихъ выражены r) разстояніе, на которое приближается въ одну секунду тотъ или другой спутникъ къ главному свѣтилу, подъ вліяніемъ его притяженія. А такъ какъ у насъ еще ничего не установлено, то, выражаясь осторожнѣе, мы будемъ говорить просто о разстояніи, на которое спутникъ долженъ приблизиться къ планетѣ въ силу какой бы то ни было причины; онъ долженъ сдѣлать это для того, чтобы не сойти съ кругообразной орбиты, которую онъ, какъ показываютъ наблюденія, несомнѣнно описываетъ.

И если сила, которая управляетъ движеніями всѣхъ четырехъ лунъ, исходитъ изъ Юпитера, то въ число, выражающее g, должно входить непремѣнно нѣчто общее; для выясненія характера самой силы мы займемся изслѣдованіемъ этихъ чиселъ. Прежде всего, мы замѣчаемъ, что, съ увеличеніемъ разстоянія, g сильно уменьшается. Насъ это не удивитъ: мы знаемъ изъ повседневнаго опыта, что каждое дѣйствіе ослабляется, по мѣрѣ удаленія отъ вызывающей причины его. Свѣтъ доходитъ до насъ тѣмъ слабѣе, а звукъ тѣмъ тише, чѣмъ дальше мы находимся отъ ихъ источника. Такое наблюденіе надъ спутниками Юпитера говоритъ въ пользу сдѣланнаго нами предположенія, что Юпитеръ является источникомъ нѣкоторой центральной силы. Теперь намъ остается найти ея точную величину. Для этого мы обратимся къ гипотезамъ и произведемъ нѣсколько опытовъ. Предположимъ сперва, что во сколько разъ увеличивается разстояніе тѣла отъ центра, во столько же разъ уменьшается сила. Будемъ отличать другъ отъ друга величины, относящіяся къ первымъ двумъ спутникамъ, значками $_1$; тогда для предполагаемаго нами случая будемъ имѣть $gr = g_1r_1$, или $\frac{g}{g_1} = \frac{r_1}{r}$. Но оказывается, что $\frac{g}{g_1} = 2{,}532$, а $\frac{r_1}{r} = 1{,}591$, и, стало быть, это предположеніе съ наблюденіемъ не сходится; то же несоотвѣтствіе получится, если произвести такой же подсчетъ и для другихъ спутниковъ. Поэтому мы должны обратиться къ другимъ соотношеніямъ. Мы замѣчаемъ, что 1,591, будучи помножено само на себя, даетъ какъ разъ 2,532; такъ что квадратъ одного изъ двухъ найденныхъ выше чиселъ равняется другому числу. Если такое совпаденіе не случайность, то и для всѣхъ остальныхъ спутниковъ должно имѣть мѣсто такое соотношеніе: $\frac{g}{g_1} = \frac{r_1^2}{r^2}$, или же gr^2 для всѣхъ 4 орбитъ будетъ одинаково, что на дѣлѣ въ точности и подтверждается; мы получаемъ круглымъ счетомъ число 2632 и имъ мы пользуемся во всѣхъ четырехъ рядахъ нашей таблицы. Отсюда слѣдуетъ, что дѣйствіе притягательной силы Юпитера на спутниковъ обратно пропорціонально квадрату разстоянія между ними.

Если въ формулу $\frac{g}{g_1} = \frac{r_1^2}{r^2}$ вставимъ величины g и g_1, найденныя по формулѣ на стр. 46, то получающаяся дробь сокращается на постоянное число $4\pi_2$, и мы имѣемъ: $\frac{g}{g_1} = \frac{r_1^2}{r^2} = \frac{ru_1^2}{r_1u^2}$ или $\frac{r_1^3}{r^3} = \frac{u_1^2}{u^2}$, то есть: квадраты временъ обращеній планетъ относятся, какъ кубы разстояній ихъ отъ притягивающаго ихъ тѣла. Это одинъ изъ трехъ знаменитыхъ законовъ небесныхъ движеній, открытыхъ уже Кеплеромъ (на стр. 48 помѣщенъ его портретъ), великимъ реформаторомъ теоретической астрономіи. Такъ что не только четыре числа, помѣщенныя у насъ въ таблицѣ на стр. 46 и послужившія намъ исходной точкой, а сотни тысячъ астрономическихъ наблюденій показали, что оба предположенія, на которыхъ до сихъ поръ основывались наши выводы, вѣрны: первое изъ этихъ положеній гласитъ, что тѣло, движущееся прямолинейно и равномѣрно, будетъ двигаться такъ неизмѣнно до тѣхъ поръ, пока какое-нибудь внѣшнее вліяніе не отклонитъ его отъ этого пути (законъ инерціи), а второе, что два тѣла притягиваютъ другъ друга съ силой, обратно пропорціональной квадрату разстоянія между ними.

Мы начали свое изслѣдованіе съ неба, предполагая, что дѣйствующіе на землѣ законы природы, разсмотрѣнію которыхъ посвящены послѣдующія главы нашей книги, тутъ, въ міровомъ пространствѣ, должны существовать въ болѣе чистомъ видѣ и что потому мы увидимъ ихъ отчетливѣе. Для насъ въ виду этого было бы

важно найти величины силъ, наблюдаемыхъ по дѣйствіямъ ихъ на небесныя свѣтила, въ какихъ-нибудь употребительныхъ на землѣ единицахъ, тогда можно будетъ ихъ сравнить съ результатами нашихъ наблюденій надъ предметами, находящимися на землѣ. Постоянное число 2633, которымъ, какъ мы нашли, характеризуется притяженіе Юпитера, выражено въ радіусахъ Юпитера. Съ помощью астрономическихъ наблюденій, въ основаніе которыхъ положено только одно предположеніе — признаніе надежности прямыхъ измѣреній по методу совпаденій, можно вычислить истинный діаметръ Юпитера или какой-нибудь другой планеты въ любой изъ мѣръ, которыя у насъ въ ходу, наприм., въ метрахъ. Геометрическое построеніе показываетъ что радіусъ земли, разсматриваемый съ солнца, когда оно находится на среднемъ разстояніи отъ насъ, виденъ подъ угломъ 8,85″ (солнечный параллаксъ). Прямое измѣреніе радіуса солнца на такомъ же разстояніи дастъ число въ 108,7 разъ большее, поэтому и истинный его радіусъ долженъ быть во столько же разъ больше земного радіуса. Измѣреніе земли показало, что въ радіусѣ ея та мѣра, которая подъ именемъ метра хранится въ Парижѣ, содержится 6,377,400 разъ. Радіусъ солнца равняется поэтому 6,377,4 $\times$ 108,7 $\times$ 693,140 килом. Точно также мы найдемъ, что Юпитеръ въ 11,06 разъ больше земли, а радіусъ его равенъ 70,530 килом. Поэтому, если бы мы пожелали выразить силу притяженія Юпитера въ метрахъ, то намъ пришлось бы помножить числа нашей таблицы на 46 стр. на 70,530,000 и по формуламъ, даннымъ выше, вычислить величину g. Тогда мы получимъ величину притяженія для того или другого спутника.



Іоганнъ Кеплеръ. Съ гравюры І. фонъ-Гейдена.

Но при сравненіи притяженій удобно, когда они приведены къ одному и тому же разстоянію. За такое разстояніе мы возьмемъ указанную нами величину земного радіуса и назовемъ ее $R = 6{,}377{,}400$ м. Если r измѣрено въ земныхъ радіусахъ, u—по прежнему въ суткахъ, а число секундъ, заключающееся въ суткахъ, назовемъ $S = 86{,}400$, то, согласно предыдущему, $g = \frac{4\pi^2 R r^3}{S^2 u^2}$; обозначивъ постоянный множитель $\frac{4\pi^2 R}{S^2} = 0{,}03372$ черезъ f, имѣемъ $g = f\frac{r^3}{u^3}$, откуда g получается прямо въ метрахъ въ секунду. Для Юпитера и перваго его спутника ($r = 5{,}933 \times 11{,}06$) мы получимъ по этой формулѣ $g = 3{,}047$ м. Если взять какой-нибудь спутникъ Сатурна, наприм., Титанъ, разстояніе котораго отъ центра Сатурна равно 190,2 земныхъ радіусовъ, то, при продолжительности обращенія его вокругъ Сатурна въ 15,945 сутокъ, мы получимъ $g = 91{,}23$ м., стало быть, число значительно меньшее. Притягательная сила Сатурна меньше притягательной силы Юпитера; отношеніе ихъ равно 91,23 : 3047. Зная время обращенія земли вокругъ солнца и разстояніе между ними, мы можемъ сейчасъ же вычислить притягательную силу солнца. Изъ величины солнечнаго параллакса, приведенной у насъ выше, слѣдуетъ, что между солнцемъ и нами разстояніе въ



Іоганнъ Кеплеръ. Съ гравюры І. фонъ-Гейдена.

2331 земныхъ радіусовъ. Время обращенія земли равно одному году или 365,26 днямъ. Величина g для этихъ двухъ чиселъ равна 3,201,000 м. Такимъ образомъ, даже по сравненію съ притяженіемъ Юпитера, притягательная сила солнца окажется необыкновенно большой.

Вокругъ земли совершаетъ свое обращеніе луна, а потому можно вычислить и притяженіе земли. Отъ насъ до луны 60,275 земныхъ радіусовъ, а полное обращеніе вокругъ насъ луна совершаетъ въ 27,32 сутокъ. Отсюда дѣйствіе земли на луну выразится $g = 9,89$.

Солнце притягиваетъ къ себѣ не одну землю, оно притягиваетъ и всѣ входящія въ его систему тѣла съ силой g, равной 3,201,000 м. Это подтверждается всѣми наблюденіями; въ свою очередь земля притягиваетъ не только луну, но и всѣ другія тѣла, а, стало быть, и солнце съ силой $g = 9,89$ м. Вслѣдствіе этого, дѣйствіе солнца на землю выразится разностью между соотвѣтственными силами. Но выполнять такого вычитанія не придется, такъ какъ величина притяженія солнца и безъ того вычислена нами съ приближеніемъ до 1,000 м. Напротивъ того, наблюденія показали, что соотвѣтственныя величины для земли и луны разнятся далеко не въ такой мѣрѣ. Наблюденіе показываетъ, что притяженіе луны на центръ земли представляется $g = 0,121$ м. Это число надо отнять отъ числа, найденнаго для земли, и тогда мы получимъ ту силу, которую, какъ мы думаемъ, мы будемъ постоянно находить въ непосредственной отъ насъ близости. Итакъ g съ поправкой на притяженіе луны равно 9,77 м.

Съ небесныхъ пространствъ мы спустимся теперь на землю и прослѣдимъ на ней дѣйствія знакомой намъ силы.

Приведенное дальше аналитическое изслѣдованіе показываетъ, что движенія эллиптическія или, говоря общѣе, движенія по коническимъ сѣченіямъ, совершаемыя свѣтилами другъ около друга, являются необходимымъ слѣдствіемъ высказанныхъ нами о физическомъ мірѣ предположеній. Поэтому результаты своихъ изслѣдованій мы можемъ свести въ слѣдующія положенія:

1) Тѣло, которое не находится подъ вліяніемъ другого тѣла, движется безъ измѣненій по прямой.

2) Тѣло, сошедшее съ первоначальнаго своего пути, благодаря дѣйствію другого тѣла, если дѣйствіе послѣдняго прекратилось, будетъ дальше двигаться по касательной къ этому пути и съ той скоростью, какой оно обладало въ послѣдній моментъ.

3) Если тѣло движется подъ вліяніемъ центральной силы, которую можно измѣрить, то радіусъ ея въ равныя времена описываетъ равныя площади.

4) Небесныя свѣтила притягиваютъ остальныя небесныя тѣла каждое съ особенной силой; но для каждаго изъ нихъ эта сила убываетъ обратно пропорціонально квадрату разстоянія.

5) Сопоставивъ положенія 3) и 4), мы найдемъ, что всѣ эти свѣтила движутся другъ около друга по коническимъ сѣченіямъ, въ фокусѣ которыхъ находится одно изъ свѣтилъ.

6) Далѣе, изъ предшествовавшихъ условій слѣдуетъ, что квадраты временъ обращенія двухъ тѣлъ, движущихся около одного и того же третьяго, относятся, какъ кубы большихъ полуосей ихъ орбитъ.

7) У насъ на землѣ величина притяженія g ея центра на какую-нибудь точку на экваторѣ, если за единицу времени взята секунда, $= 9,77$ м., иначе говоря, тѣло, свободно падающее на экваторѣ, спустя секунду, пріобрѣтаетъ эту скорость.

Въ слѣдующей главѣ мы прослѣдимъ дѣйствіе этихъ законовъ и силъ у насъ на поверхности земли.

2. Тяжесть.

а) Законы паденія.

Оказывается, что сила притяженія свѣтилъ, которую мы изучили въ предыдущей главѣ, для каждаго изъ свѣтилъ совершенно постоянна, и всѣ средства нашего наблюдательнаго искусства не позволяютъ опровергнуть это утвержденіе.

Мы можемъ установить его съ большой точностью, такъ какъ скорость тѣлъ въ разныхъ точкахъ ихъ орбитъ, какъ мы видѣли, непосредственно зависитъ отъ величины притягательной силы. Но, если мѣняется скорость, мѣняется и среднее время обращенія, а его, какъ легко видѣть, можно опредѣлить съ большой точностью. Наблюденіе приводится какъ бы къ отсчету по часовой стрѣлкѣ. Если одни часы будутъ отставать отъ другихъ только на одну секунду въ сутки, то въ два мѣсяца это составитъ уже минуту; эту небольшую ошибку, не превышающую даже секунды, можно вполнѣ отчетливо установить и очень точно измѣрить при помощи медленно движущейся минутной стрѣлки. Обѣ небесныхъ стрѣлки, которыя мы называемъ солнцемъ и луной, указываютъ моментъ встрѣчи ихъ на великомъ циферблатѣ неба. Моментъ этотъ—солнечное затменіе, событіе, которое не можетъ пройти незамѣченнымъ ни у людей, ни у животныхъ; вотъ почему даже въ лѣтописяхъ древнѣйшихъ народовъ мы находимъ свѣдѣнія объ этомъ событіи. Такимъ образомъ для рѣшенія этого вопроса, для провѣрки небесныхъ часовъ, мы располагаемъ записями, простирающимися за 4,000 лѣтъ до нашего времени. По обработкѣ ихъ оказалось, что луна дѣйствительно уходитъ немного впередъ, а именно на одиннадцать секундъ въ столѣтіе, что̀ для одного ея обращенія составитъ около восьми тысячныхъ секунды. Если бы это, такъ называемое, ускореніе движенія луны происходило, благодаря измѣненію притягательной силы нашей планеты, то оно, то есть сила g, за сто лѣтъ увеличилось бы на десятую долю милиметра. Но эта чрезвычайно малая величина есть тотъ максимумъ измѣненій притягательной силы, который можетъ оставаться нами незамѣченнымъ. Неправильность движенія луны можетъ быть объяснена иначе; позже мы къ этому еще вернемся.

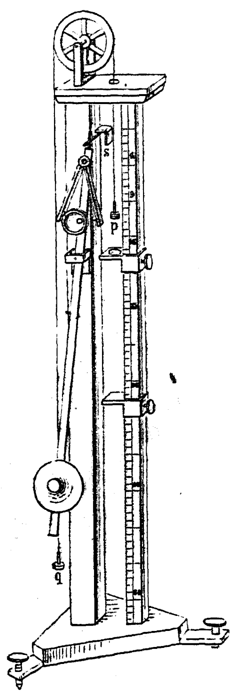
Это постоянство притягательной силы свѣтилъ даетъ намъ увѣренность думать, что съ дѣйствіями ея мы должны встрѣтиться и на поверхности земли, если только находящіяся на ней тѣла по своимъ физическимъ свойствамъ не отличаются отъ свѣтилъ. Тѣла на землѣ, по отношенію къ притягательной силѣ, занимаютъ то же мѣсто, что свѣтила на небѣ, а потому мы будемъ имѣть возможность вычислить путь, по которому они будутъ двигаться при тѣхъ или другихъ обстоятельствахъ; мы можемъ предвычислить ихъ путь. Если тѣло будетъ у насъ двигаться свободно, то въ первую секунду оно должно приблизиться къ центру земли на $\frac{1}{2}g = 4{,}89$, а не на всю величину g, найденную нами въ предыдущей главѣ. Опыты покажутъ намъ сейчасъ, что это именно такъ. Мы говоримъ, что тѣло падаетъ на землю, и называемъ $\frac{1}{2}g$ длиной пути, проходимаго при паденіи тѣломъ въ первую секунду. Есть особыя машины, служащія для изученія законовъ паденія тѣлъ; на нихъ можно измѣрять пути, проходимые падающими тѣлами; у насъ на рисункѣ (на стр. 51) изображена одна изъ такихъ машинъ. На легко подвижномъ блокѣ повѣшены двѣ гири p и q, которыя находятся въ равновѣсіи. Если на p положить небольшую добавочную гирю, то она увлечетъ за собой p внизъ; но движеніе будетъ происходить медленнѣе, чѣмъ при свободномъ паденіи, такъ какъ теперь добавочная гиря составляетъ часть суммы трехъ движущихся гирь. Такимъ образомъ, скорость паденія можно замедлить какъ угодно. Чтобы пустить приборъ въ движеніе, опускаютъ мостикъ s, на которомъ гиря p стоитъ вначалѣ. Въ то же время начинаетъ качаться секундный маятникъ, который раньше удерживался мостикомъ; по качаніямъ его можно измѣрить время, а пространство, пройденное падающимъ тѣломъ, измѣряется по прикрѣпленной тутъ же раздѣленной линейкѣ. Такимъ образомъ можно вычислить g, то есть двойной путь, проходимый тѣломъ въ секунду при свободномъ паденіи.

Найденныя при помощи этого прибора числа не сходятся ни между собой, ни съ числами, полученными изъ астрономическихъ наблюденій. Съ перваго же опыта мы убѣждаемся въ томъ, что на землѣ нѣтъ той чистоты и отчетливости, которыя присущи ходу небесныхъ свѣтилъ. Мы должны принять въ разсчетъ цѣлый рядъ нарушающихъ чистоту явленія обстоятельствъ, и только тогда ве-

личина g, найденная опытнымъ путемъ, будетъ равна g, найденному изъ наблюденій.

Прежде всего оказывается, что паденію тѣлъ представляетъ сопротивленіе воздухъ, окружающій землю, и это сопротивленіе для разныхъ тѣлъ имѣетъ неодинаковую величину. Тѣла, которыя мы называемъ легкими, падаютъ медленнѣе тѣлъ тяжелыхъ, но если помѣстить тѣла легкія и тяжелыя, пушинки, бузиновые шарики и свинцовые шарики въ стеклянную трубу, изъ которой выкачанъ воздухъ, то въ ней всѣ они падаютъ съ одинаковой скоростью (см. рисунокъ ниже). Стало быть, опыты надъ паденіемъ тѣлъ надо ставить такъ, чтобы сопротивленіе воздуха на движеніе тѣлъ или не вліяло, или чтобы можно было принять его въ разсчетъ. Мы не будемъ входить въ дальнѣйшія подробности и не будемъ говорить о томъ, какъ поступаютъ при расположеніи опыта, только что описаннаго. Вскорѣ мы узнаемъ другое расположеніе, при которомъ g можно опредѣлить съ значительно большей точностью.

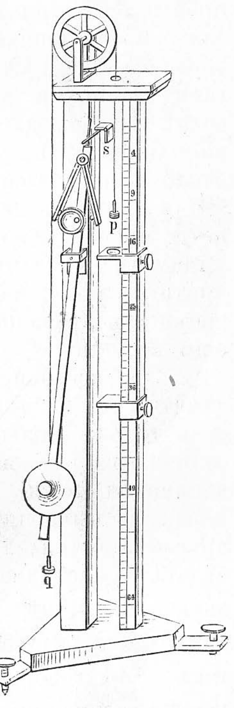
Итакъ мы видимъ, что скорость паденія тѣла отъ его размѣровъ не зависитъ. Изъ нашего разсужденія въ предыдущей главѣ видно, что, если перенести на поверхность земли самую луну, то въ первую секунду она пройдетъ то же пространство, что и камень, выпущенный изъ руки, или перо, если оно въ стеклянной трубкѣ, изъ которой выкачанъ воздухъ. Но въ слѣдующія за первой секунды тѣла проходятъ уже не $\frac{1}{2}g$; въ самомъ дѣлѣ, если бы дѣйствіе притягательной силы прекратилось, то тѣло продолжало бы двигаться дальше по инерціи съ той скоростью, какую оно пріобрѣло въ послѣднюю секунду. Эта же скорость не равна какъ разъ $\frac{1}{2}g$, послѣднее число соотвѣтствуетъ средней скорости въ теченіе промежутка времени, равнаго одной секундѣ. Эту среднюю скорость мы получимъ, взявъ среднее изъ начальной и конечной скоростей. Начальная скорость равна нулю, искомая конечная должна равняться g, потому что теперь среднее изъ 0 и g и даетъ скорость $\frac{1}{2}g$. Теперь мы получили то же число, что и раньше изъ астрономическихъ наблюденій. Если бы во вторую секунду тѣло уже не находилось подъ вліяніемъ притягательной силы земли, то оно приблизилось бы къ ея центру на величину g, равную ея конечной скорости. Но сила притяженія, какъ и въ первую секунду, заставитъ его пройти еще $\frac{1}{2}g$, итого за вторую секунду тѣло пройдетъ $g+\frac{1}{2}g=\frac{3}{2}g$, а весь путь, пройденный падающимъ тѣломъ съ начала первой секунды $\frac{1}{2}g+\frac{3}{2}g=2\,g$. Скорость въ концѣ второй секунды слагается изъ начальной скорости g и средней скорости $\frac{3}{2}g$; поэтому ея величина — $2\,g$; притягательная сила увеличитъ ее въ третью секунду еще на $\frac{1}{2}g$; при этомъ тѣло пройдетъ путь $\frac{5}{2}g$; а весь путь, пройденный съ начала движенія, равенъ $\frac{9}{2}g$.



Приборъ для изученія паденія тѣлъ.

Если продолжить изслѣдованіе дальше, то мы сможемъ дать общее выраженіе этихъ чиселъ: если t,—выраженное въ секундахъ время, въ теченіе котораго происходитъ свободное паденіе тѣла, то конечная скорость $v=gt$, а пройденный путь $s=\frac{1}{2}gt^2$. Совершающееся такъ движеніе называется ускореннымъ, а g носитъ названіе постоянной ускоренія (или просто ускоренія).

Но своимъ допущеніемъ о постоянствѣ g мы дѣлаемъ ошибку; разборъ астрономическихъ данныхъ показалъ намъ, что g, по мѣрѣ того, какъ тѣло приближается къ центру земли, увеличивается, и это измѣненіе совершается въ зависимости отъ квадрата разстоянія между ними. Имѣть дѣло съ такими про-



Приборъ для изученія паденія тѣлъ.

тяженіями, гдѣ пришлось бы принимать въ разсчетъ измѣненіе разстоянія тѣла отъ центра земли, намъ не приходится, а потому мы въ правѣ пренебречь этой ошибкой, если только изслѣдованіе не носитъ особаго характера, но о такихъ изслѣдованіяхъ рѣчь впереди.

Мы установили два основныхъ закона свободнаго паденія тѣлъ; вотъ они:

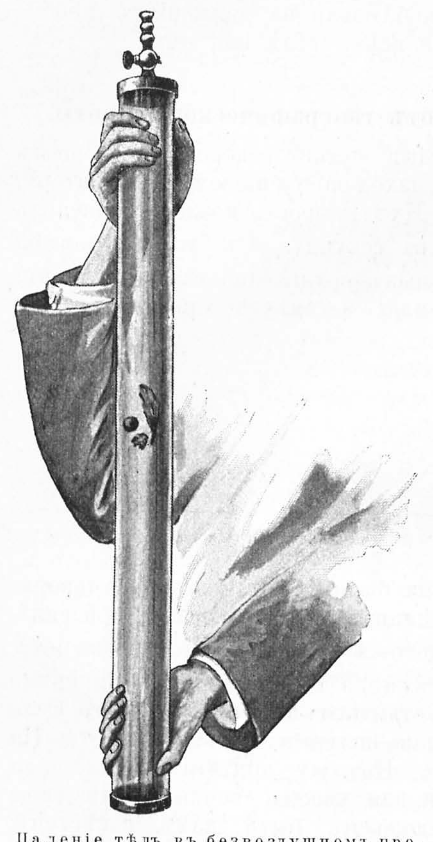
1) Конечныя скорости свободно падающихъ на поверхности земли тѣлъ относятся другъ къ другу, какъ времена, въ теченіе которыхъ паденіе тѣлъ совершалось; такую скорость можно получить изъ выраженія $v = gt$.

2) Пути проходимые падающимъ тѣломъ, относятся какъ квадраты затраченныхъ на прохожденіе временъ. Они получаются изъ выраженія $S = \frac{1}{2} gt^2$.

Паденіе тѣлъ въ безвоздушномъ пространствѣ.

Скорость, какой достигаетъ въ короткое время тѣло, находясь подъ вліяніемъ этой непрерывно ускоряющей силы, огромна; мы можемъ сообразить это по формуламъ, а сила удара о землю тѣла, упавшаго съ значительной высоты, дастъ намъ о ней конкретное представленіе. Наибольшая скорость артиллерійскаго снаряда равна приблизительно 600 метр. въ секунду; а свободно падающее тѣло, просто выпущенное изъ руки, спустя $61^1/_2$ секундъ будетъ имѣть ту же скорость, стало быть, будетъ обладать той же силой, что и ядро. Но, конечно, чтобы свободное паденіе могло длиться такъ долго, надо помѣстить тѣло, какъ показываетъ вторая формула, на высотѣ $18^1/_2$ килом. надъ поверхностью земли. Не говоря уже о практической невыполнимости этого, надо помнить, что намъ пришлось бы затратить очень большую работу; взрывомъ пороха выполнить ее гораздо легче. Кромѣ того, слѣдуетъ отмѣтить, что при обычныхъ движеніяхъ сопротивленіе воздуха почти нечувствительно, но что при скоростяхъ исключительныхъ оно возрастаетъ въ совершенно неожиданной пропорціи и подъ конецъ останавливаетъ самыя быстрыя движенія. Мы знаемъ, что космическія тѣла, обладающія скоростями во много километровъ въ секунду, проникнувъ въ нашу атмосферу, падаютъ на поверхность земли въ видѣ метеорныхъ камней. Сила ихъ удара не больше той, какую они имѣли бы, если-бъ упали, при условіи свободнаго паденія, съ высоты нѣсколькихъ сотъ метровъ. Преодолѣвая сопротивленіе воздуха, они потеряли свою прежнюю скорость, и такъ какъ сила, которой они обладали, сама собой уничтожиться не можетъ, то они должны сильно нагрѣться.

Теперь мы можемъ безъ труда указать путь, по которому будетъ двигаться тѣло, если оно не свободно падаетъ, а получаетъ отъ насъ извѣстную скорость въ направленіи, перпендикулярномъ къ направленію свободнаго паденія, т. е. тѣла, которое мы толкаемъ съ извѣстной силой впередъ въ горизонтальномъ направленіи. Математическое изслѣдованіе вопроса показываетъ, что кривая, описываемая брошеннымъ впередъ тѣломъ или снарядомъ,—парабола. У насъ на чертежѣ (на стр. 53) три такихъ параболы, а прямыя слѣва наверху соотвѣтствуютъ начальнымъ скоростямъ. Если взять значеніе g, выведенное изъ движеній небесныхъ свѣтилъ, и начальную скорость брошеннаго тѣла, то по нимъ можно вычислить путь брошеннаго тѣла съ такой же точностью, какъ орбиту небеснаго свѣтила. Точныя



Паденіе тѣлъ въ безвоздушномъ пространствѣ.

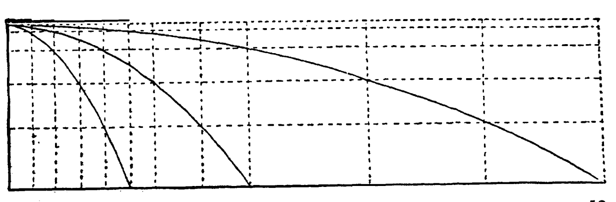
женія. Мы знаемъ, что кос

наблюденія надъ полетомъ метательныхъ снарядовъ, произведенныя военными съ спеціальными цѣлями, показали, что выведенные нами законы движенія могутъ быть примѣнены къ этому случаю съ полнымъ правомъ.

Къ сожалѣнію, опредѣленіе сопротивленія воздуха представляетъ такія теоретическія трудности, что, какъ бы тщательно ни ставили артиллеристы свои опыты, опыты эти необходимой точности не имѣютъ, и на основаніи ихъ мы не можемъ рѣшить вопросъ объ измѣненіи величины g въ томъ или другомъ смыслѣ. Мы должны отыскать другіе способы; только тогда мы въ состояніи будемъ рѣшить, сохраняетъ ли притяженіе, которое мы наблюдали на движеніяхъ небесныхъ свѣтилъ, сполна свою силу и на землѣ для всѣхъ тѣлъ или нѣтъ.

b) Измѣненіе ускоренія g въ зависимости отъ географической широты.

Мы знаемъ изъ астрономіи, что земля каждыя сутки совершаетъ оборотъ вокругъ своей оси. Въ силу этого всѣ предметы, находящіеся на земномъ экваторѣ, описываютъ круговые пути около центра земли. Ихъ скорость можно вычислить по формулѣ $s = \frac{2r\pi}{u}$; она равна 464 метрамъ въ секунду. Съ этой огромной скоростью, почти равной скорости наиболѣе сильныхъ орудій, полетѣлъ бы камень, лежащій у насъ на раскрытой рукѣ, если бы земля, а вмѣстѣ съ ней и мы прекратили бы свое суточное вращеніе. Эту „тангенціальную, или центробѣжную“, какъ ее называютъ, силу, которая появляется, вслѣдствіе вращенія земли, въ каждомъ тѣлѣ, должна непремѣнно уравновѣшивать другая сила, и, если-бъ притягательной силы не было,


Параболы, описываемыя падающими тѣлами. См. текстъ стр. 52.

то каждая находящаяся на экваторѣ вещь должна была бы отлетѣть отъ поверхности земли со скоростью, соотвѣтствующей этой направленной по касательной силѣ. Сила эта вычисляется изъ выраженія $\frac{s^2}{r}$, что для нашего случая дастъ число 0,0337 метр. Возникая вслѣдствіе вращенія земли, она дѣйствуетъ на экваторѣ въ направленіи, прямо противоположномъ дѣйствію силы тяжести, и ее надо отнять отъ величины 9,77 метр. Если мы будемъ производить опыты на экваторѣ, для g у насъ получится только 9,74 метр. На полюсѣ, наоборотъ, тѣла движенія не имѣютъ. Поэтому притягательная сила должна увеличиваться отъ экватора къ полюсу и для каждой точки имѣть свою величину. Законъ этого возрастанія, который долженъ быть намъ извѣстенъ, если мы пожелали бы прослѣдить дѣйствіе притягательной силы обстоятельнѣе, мы могли бы написать уже теперь. Но сначала обратимъ вниманіе на форму земли, именно на то, что она *сжата*.

Величину этого *сжатія* найти легко. Если бы земля была совершеннымъ шаромъ и притомъ шаромъ того діаметра, который мы видимъ на экваторѣ, то, какъ мы уже говорили, всѣ тѣла на полюсѣ обладали бы скоростью паденія, превосходящею скорость паденія на экваторѣ на 0,0337 метр. На полюсахъ такого шара всѣ тѣла вѣсили бы какъ разъ настолько же меньше, чѣмъ они вѣсятъ на полюсахъ земли. Чтобы сохранить равновѣсіе на экваторѣ, подвижныя части земли, и прежде всего масса воды, должны, въ соотвѣтствіе съ этой разницей, распредѣлиться такъ, чтобы быть на экваторѣ отъ центра дальше, чѣмъ на полюсахъ. Мы получимъ приблизительную величину сжатія, раздѣливъ это число 0,0337, показывающее уменьшеніе притяженія, на величину притяженія 9,77; въ результатѣ получится 1 : 290. Это число очень близко къ величинѣ сжатія, найденной прямымъ измѣреніемъ. Разстояніе земной поверхности отъ центра земли на полюсѣ меньше, чѣмъ на экваторѣ, на 6,377,400 : 290 = 22,000 м. Такимъ образомъ, по формѣ земля есть такъ называемый *эллипсоидъ вращенія*; его сѣченія, перпендикулярныя къ плоскости экватора, — эллипсы;

большія оси ихъ равны діаметру экватора, а меньшія—разстоянію между полюсами. Экспентрицитетъ этихъ эллипсовъ отсюда равенъ 0,082. Чѣмъ ближе подходимъ мы къ полюсу, идя по земной поверхности, тѣмъ болѣе приближаемся къ центру земли. Но мы знаемъ, что притягательная сила возрастаетъ въ зависимости отъ квадрата этого приближенія. Благодаря этому обстоятельству, съ увеличеніемъ географической широты, g въ свою очередь будетъ возрастать. Чтобы вычислить вліяніе обоихъ обстоятельствъ, надо знать разстояніе любой точки земной поверхности отъ ея центра. Если мы назовемъ это разстояніе ϱ, географическую широту φ, эксцентрицитетъ эллипсоида e, то можно тотчасъ найти съ точностью, для нашихъ цѣлей вполнѣ достаточной, такое выраженіе: $1-\varrho^2=e^2\sin^2\varphi$; слѣдовательно прирость силы притяженія земли g по мѣрѣ приближенія къ полюсу, благодаря эллипсоидальности земли, равенъ $ge^2\sin^2\varphi$. Принявъ во вниманіе и другія обстоятельства, включая сюда и поправку на центробѣжную силу, мы будемъ имѣть для опредѣленія этой притягательной силы подъ любой широтой такую формулу $g = 9{,}78062$ м. $+ 0{,}05086 \sin^2\varphi$. При разницѣ во временахъ паденія на экваторѣ и полюсѣ ядро скорострѣльнаго орудія на полюсѣ пролетѣло бы приблизительно на 200 метр. меньше, чѣмъ на экваторѣ. Но въ тѣхъ предѣлахъ, въ которыхъ производились наиболѣе точныя баллистическія изслѣдованія, разница все же неощутимо мала; такъ что судить на основаніи этихъ изслѣдованій объ измѣненіи g въ зависимости отъ широты мѣста мы не въ состояніи.

c) Маятникъ.

Есть необыкновенно простой приборъ, помощью котораго можно опредѣлить величину g съ большой точностью: этотъ незамысловатый инструментъ, имѣющійся почти во всякомъ домѣ, — маятникъ. И физику, и геодезисту онъ даетъ точныя указанія о цѣломъ рядѣ самыхъ сокровенныхъ вещей. Повѣсимъ на нити какой-нибудь предметъ, скажемъ, металлическій шарикъ и выведемъ его изъ положенія равновѣсія, которое, подобно отвѣсу, проходитъ черезъ центръ земли, и потомъ предоставимъ шарику возможность безпрепятственно двигаться, — это и будетъ нашъ чудесный инструментъ. Мы постараемся теперь опредѣлить связь между его движеніемъ и законами притяженія, которыми мы до сихъ поръ занимались.

Предположимъ, что у насъ маятникъ идеальный, такъ называемый математическій; пусть онъ качается около точки a по дугѣ boc взадъ и впередъ. Движенію его не должны мѣшать ни точка привѣса, ни тяжесть нити, на которой шарикъ подвѣшенъ, ни воздухъ. Тогда подвѣшенный на нити шарикъ подчиняется закону тяжести постольку, поскольку это позволяетъ нить. Выпущенный въ b онъ доходитъ, двигаясь по отрѣзку дуги, до нижней точки 0. Для этого понадобится больше времени, чѣмъ для того, чтобы прямо скатиться въ 0. Движеніе будетъ длиться тѣмъ больше, чѣмъ прямѣе дуга, по которой спускается шарикъ или, иначе говоря, чѣмъ больше длина маятника ao, которую мы будемъ называть l. Если бы мы взяли неизмѣримо длинный маятникъ, то, при нашихъ измѣрительныхъ средствахъ, дуга представлялась бы намъ прямой, и шарикъ двигаться бы уже не могъ. Такимъ образомъ мы уже теперь видимъ, что время, необходимое для выполненія одного качанія маятника, то есть для перехода отъ b къ c, зависитъ отъ l.

Точное математическое изслѣдованіе даетъ для этой зависимости продолжительности качанія маятника t отъ его длины l слѣдующее выраженіе

$$t=\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\cdot\frac{\gamma}{\sqrt{2(1-\cos\gamma)}}$$

γ здѣсь—уголъ отклоненія маятника отъ положенія равновѣсія; легко убѣдиться, что третій множитель правой части для небольшихъ величинъ γ весьма близокъ къ единицѣ. Если опытъ вести такъ, чтобы маятникъ совершалъ только небольшія отклоненія въ нѣсколько градусовъ, то этотъ множитель, зависящій

отъ γ, можно отбросить, и тогда связь между временемъ качанія маятника и его длиной представится очень простой формулой: $t = \pi \sqrt{l/g}$.

Это соотношеніе, найденное опять чисто математическимъ путемъ, позволяетъ намъ сдѣлать весьма интересныя заключенія о свойствахъ маятника, которыя подтверждаются и опытомъ.

Прежде всего оказывается, что время, затрачиваемое маятникомъ на одно качаніе, совершенно не зависитъ отъ высоты, съ которой это движеніе начнется, и при небольшихъ углахъ отклоненія высоты можно въ разсчетъ вовсе не принимать. Если взять два одинаковой длины маятника, и одинъ отвести на два градуса отъ положенія равновѣсія, а другой на 4, то продолжительность качанія для каждаго будетъ одна и та же, хотя одинъ проходитъ путь въ два раза большій, чѣмъ другой. Такимъ образомъ, если размахи маятника, начавшись съ извѣстнаго отклоненія, становятся, въ силу разныхъ неизбѣжныхъ сопротивленій, о которыхъ мы говорили выше, все меньше и меньше, то промежутокъ времени, въ теченіе котораго совершается одно такое качаніе, почти совсѣмъ не мѣняется. Такъ называемый изохронизмъ колебаній маятника является важнѣйшимъ свойствомъ этого простого инструмента, благодаря которому онъ становится однимъ изъ лучшихъ приборовъ для измѣренія времени. Каждый знаетъ, что наилучшимъ ходомъ обладаютъ часы съ маятникомъ, обыкновенно называющіеся „регуляторами".



Іоостъ Бюрги. Со старинной гравюры.

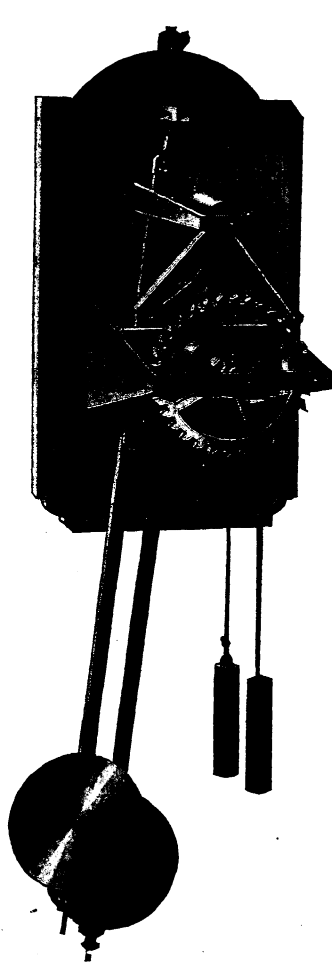
Заслугу примѣненія маятника къ измѣренію времени, указаніе на пригодность его свойствъ для этой цѣли, раздѣляютъ между собой три выдающихся человѣка. Первымъ, кто пользовался маятникомъ для измѣренія времени, былъ Іоостъ Бюрги (его портретъ выше). Сперва онъ былъ часовщикомъ, но вскорѣ сталъ астрономомъ при дворѣ просвѣщеннаго ландграфа гессенскаго Вильгельма IV и за свою исключительную изобрѣтательность получилъ отъ друга-князя почетное прозвище новаго Архимеда. Это было приблизительно въ концѣ 16-го столѣтія. До того времени знали только часы съ гирей. Такъ назывались часы, гдѣ гиря тянула шнурокъ, намотанный на валъ, къ которому, чтобы шнурокъ быстро не разматывался, было придѣлано мѣшавшее этому своимъ треніемъ сопротивленіе. Время, протекшее съ того момента, какъ они были „заведены", опредѣлялось по положенію гири, или же по числу оборотовъ валика, которое можно было прочесть на циферблатѣ. Понятно, имѣя такіе часы, нельзя было и думать о большой точности. Маятникъ къ этимъ часамъ присоединили слѣдующимъ образомъ: сначала придѣлали къ маятнику у точки подвѣса крючекъ, якорь котораго имѣлъ концы по обѣ стороны подвѣса и при каждомъ качаніи попеременно то опускался, то подымался. Подъ якоремъ же было насажено снабженное длинными зубьями храповое колесо; въ него поперемѣнно входили то одинъ, то другой конецъ якоря. И если какая-нибудь сила заставила бы колесо вращаться и дальше, поскольку это допускаютъ крючки, то, при каждомъ качаніи, оно должно было бы повернуться на одинъ зубецъ. Затѣмъ, чтобы храповое колесо привести во вращеніе, приспособили, какъ это уже дѣлалось раньше, гирю; гиря эта играла совершенно второстепенную роль, — вращеніе можно было бы произвести при помощи какой-нибудь другой, въ сущности, безразлично, какой силы. Но эта сила имѣетъ и другое назначеніе: она возмѣщаетъ своимъ давленіемъ на



Іоостъ Бюрги. Со старинной гравюры.

маятникъ, передаваемымъ черезъ храповое колесо, тѣ потери, которыя вызываются сопротивленіемъ воздуха и т. п. Маятникъ, храповое колесо и гиря — вотъ все, что необходимо для построенія совершеннаго прибора для измѣренія времени. Назначеніе остальныхъ колесъ — облегчить намъ отсчетъ оборотовъ храпового колеса (см. рис. ниже).

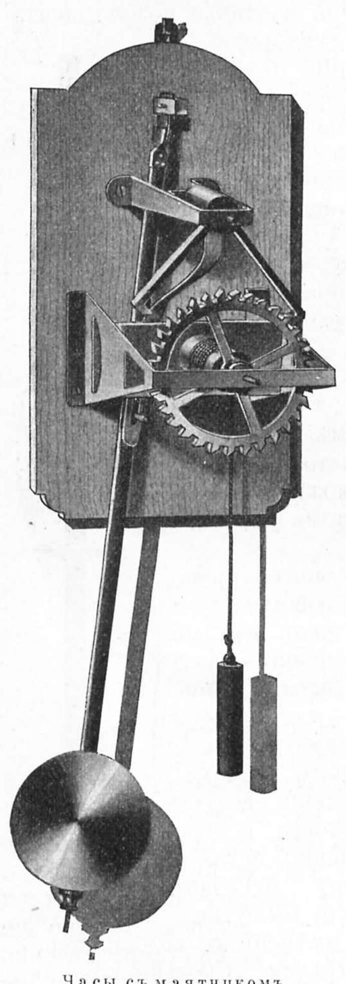
Мы не можемъ точно установить, устроилъ ли Бюрги такія часы съ маятникомъ; извѣстно только одно, что онъ воспользовался маятникомъ для измѣренія времени. За нимъ великій Галилей въ началѣ 17-го столѣтія открылъ изохронизмъ маятника, открылъ его, какъ говорятъ, наблюдая въ Пизанскомъ соборѣ качаніе люстръ, спускавшихся съ потолка и висѣвшихъ на разной длины веревкахъ. Главная же заслуга Галилея, котораго обыкновенно знаютъ только какъ фанатическаго поборника коперниковой системы міра, та, что онъ открылъ законы паденія, положилъ начало новому воззрѣнію на дѣйствіе силъ и внесъ могучую реформаціонную струю въ физику, которая все еще продолжала коснѣть въ аристотелевскихъ взглядахъ. Нѣтъ никакого сомнѣнія, что Галилей пользовался маятникомъ для измѣренія небольшихъ промежутковъ времени; говорятъ, что однимъ изъ послѣднихъ его изобрѣтеній были настоящіе часы съ маятникомъ. Но вполнѣ успѣшно разрѣшилъ задачу изобрѣтенія часовъ нидерландскій математикъ и физикъ Гюйгенсъ; въ 1657 году онъ взялъ патентъ на свое изобрѣтеніе и подробно разработалъ теорію маятника.



Часы съ маятникомъ.

Понятно, что на самомъ дѣлѣ эта теорія далеко не такъ проста, какъ у насъ въ нашемъ изложеніи; создать тѣ идеальныя условія, наличность которыхъ нами предполагалась, совершенно невозможно. Теперь укажемъ, что̀ вліяетъ на движеніе маятника.

Мы видѣли, что въ одномъ и томъ же мѣстѣ на землѣ, гдѣ, какъ извѣстно, величина тяготѣнія постоянна, продолжительность одного качанія зависитъ исключительно отъ длины маятника. Если длина не мѣняется, то маятникъ даетъ намъ неизмѣнную мѣру времени. Но найти такой матеріалъ, чтобы сдѣланная изъ него вещь при всякихъ условіяхъ не мѣняла своихъ размѣровъ, нельзя. Тѣ части прибора, которыя сдѣланы изъ органическихъ веществъ (нить), измѣняютъ свою длину при измѣненіи влажности воздуха, другія вещества, какъ металлы, мѣняются сильнѣе въ зависимости отъ измѣненій температурныхъ, — потомъ мы разсмотримъ это подробнѣе. Теперь мы посмотримъ только, насколько чувствительны къ такого рода измѣненіямъ часы съ маятникомъ. Если маятникъ долженъ отбивать точно секунды, то есть, если это такъ называемый простой секундный маятникъ, то, по формуламъ, приведеннымъ выше, можно тотчасъ опредѣлить, что на экваторѣ его длина должна равняться 0,99098 м. Если предположить, что маятникъ сталъ длиннѣе на десятую долю миллиметра, то онъ будетъ совершать одно качаніе уже не въ секунду, а въ 1,00005 секунды. Если помножить это число на число секундъ, заключающихся въ суткахъ, то есть на 86,400, то окажется, что въ сутки такія часы отстанутъ на 4 секунды, а въ 2 недѣли на цѣлую минуту. Такіе часы въ наше время считаются очень плохими. Астрономъ можетъ вывѣрить свои часы съ маятникомъ такъ, что суточная ошибка не будетъ превышать нѣсколькихъ сотыхъ секунды. Если мы положимъ ошибку въ 0,05 секунды, то продолжительность



Часы съ маятникомъ.

одного качанія такого маятника можетъ быть вычислена точно до 0,000006 с., а длина до 0,000001 м., или микрона. Отсюда мы видимъ всю удивительную точность маятника, какъ измѣрительнаго инструмента.

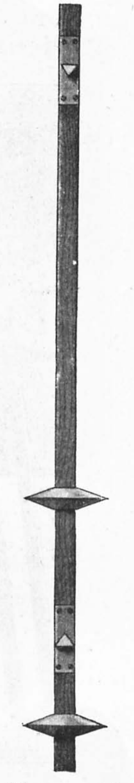
Чтобы длина маятника, по возможности, не мѣнялась, устраиваютъ уравнительные маятники; такой маятникъ состоитъ изъ нѣсколькихъ соединенныхъ между собой полосокъ различныхъ металловъ; подъ вліяніемъ теплоты они расширяются разно. Если удачно подобрать металлы, длина маятника можетъ почти не измѣняться. Если надо произвести очень точное измѣреніе, то такихъ компенсацій избѣгаютъ и этими остроумными, въ другихъ случаяхъ хорошо исполняющими свое назначеніе приборами не пользуются, потому что каждая новая часть заставляетъ насъ опасаться новыхъ ошибокъ. Поэтому строятъ маятникъ какъ можно проще изъ металловъ, „коэффиціентъ расширенія“ (см. далѣе) которыхъ извѣстенъ въ точности, и вліяніе теплоты опредѣляютъ вычисленіемъ.

Кромѣ того, вмѣсто „нити“ идеальнаго маятника у насъ всегда матеріальное тѣло, вполнѣ замѣтнаго вѣса, что должно отозваться и на качаніяхъ шарика, которому мы придаемъ чечевицеобразную форму, чтобы во время качаній воздухъ встрѣчалъ возможно меньшую поверхность. Опредѣлимъ теперь центръ тяжести маятника, какъ цѣлаго, и за длину маятника примемъ разстояніе этой точки отъ точки подвѣса. Если мы будемъ маятникомъ измѣрять только время, то намъ нѣтъ надобности знать его длину точно. Часть маятника, имѣющую форму чечевицы, дѣлаютъ подвижной и передвигаютъ ее настолько, чтобы получить качанія желаемой продолжительности; а это можно, съ помощью вѣрно идущихъ часовъ или прямо по наблюденіямъ на небесномъ сводѣ, сдѣлать всегда.

Точные астрономическіе часы устраиваютъ, какъ можно проще; дѣлаютъ это затѣмъ, чтобы уменьшить число неподдающихся учету ошибокъ. Они приводятся въ ходъ очень небольшими, лишь достаточными для поддержанія движенія гирями; уголъ отклоненія бываетъ здѣсь поэтому невеликъ, и условіе изохронизма почти вполнѣ выполняется; устанавливаютъ такіе часы въ подвальномъ или другомъ помѣщеніи, гдѣ температурныя измѣненія невелики. Герметически запирающаяся дверь отдѣляетъ это помѣщеніе отъ внѣшняго воздуха и ставитъ часы внѣ зависимости отъ колебаній въ давленіи воздуха, вносящихъ свои измѣненія въ поправку на сопротивленіе воздуха.


Оборотный маятникъ.

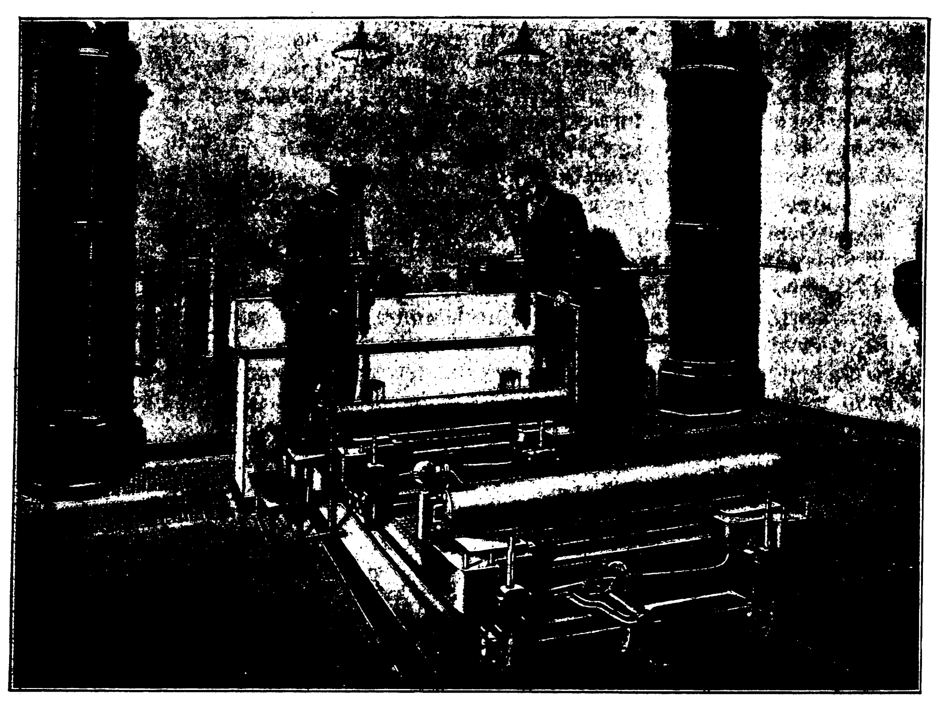
Такимъ путемъ достигаютъ равномѣрности хода, совершенно исключительной, и отклоненія въ ту или другую сторону, неподдающіяся нашему учету, не превышаютъ двухъ сотыхъ секунды въ сутки. Механизмъ хронометра страдаетъ всегда однимъ недостаткомъ: примѣненіемъ колесъ, передающихъ секундные отсчеты на минутную и часовую стрѣлки. Сколько зубцовъ, столько возможностей нарушенія чистоты хода, пылью, сгущеніемъ масла, безъ котораго нельзя обойтись, и другими обстоятельствами. Подыманіе гири само по себѣ можетъ оказать вредное вліяніе, хотя тутъ рѣчь можетъ идти лишь о сотыхъ доляхъ секунды. Электротехникъ Гиппъ въ Невшателѣ изобрѣлъ необыкновенно остроумный приборъ, въ которомъ всѣ эти недостатки исключены. Маятникъ Гиппа—это часы безъ колесъ и безъ гири,—они состоятъ изъ одного маятника. Вмѣсто якоря, который долженъ входить въ храповое колесо, у Гиппа два тонкихъ острія, которыя при каждомъ качаніи погружаются въ маленькія наполненныя ртутью чашечки; при этомъ замыкается электрическій токъ, который приводитъ въ движеніе стрѣлку на циферблатѣ, помѣщенномъ на какомъ-угодно разстояніи отъ прибора: сколько разъ пробѣжитъ токъ, столько будетъ отсчетовъ стрѣлки, и никакого обратнаго дѣйствія на движеніе маятника, какъ это бываетъ въ обыкновенныхъ часахъ съ колеснымъ механизмомъ, здѣсь не происходитъ. Но маятникъ не получаетъ тутъ необходимыхъ ему толчковъ. Въ приборѣ Гиппа и толчки сообщаются при помощи электромагнита, помѣщеннаго подъ маятникомъ.



Оборотный маятникъ.

Обыкновенно, этотъ электромагнитъ не дѣйствуетъ. Свою притягательную силу онъ начинаетъ проявлять лишь тогда, когда отклоненія маятника, уменьшаясь, доходятъ до нѣкоторой величины; тогда прикрѣпленный къ нему и вмѣстѣ съ нимъ качающійся носикъ опускается въ углубленіе и прижимаетъ пружинку; токъ въ электромагнитѣ замыкается. Такое замыканіе тока по мѣрѣ необходимости выполняетъ самъ маятникъ приблизительно каждыя двѣ минуты, благодаря чему уголъ отклоненія почти не мѣняется. Неизбѣжное вмѣшательство въ движеніе маятника добавочной силы повторяется тутъ разъ въ двѣ минуты, а не каждую секунду, какъ это бываетъ при примѣненіи храпового колеса.

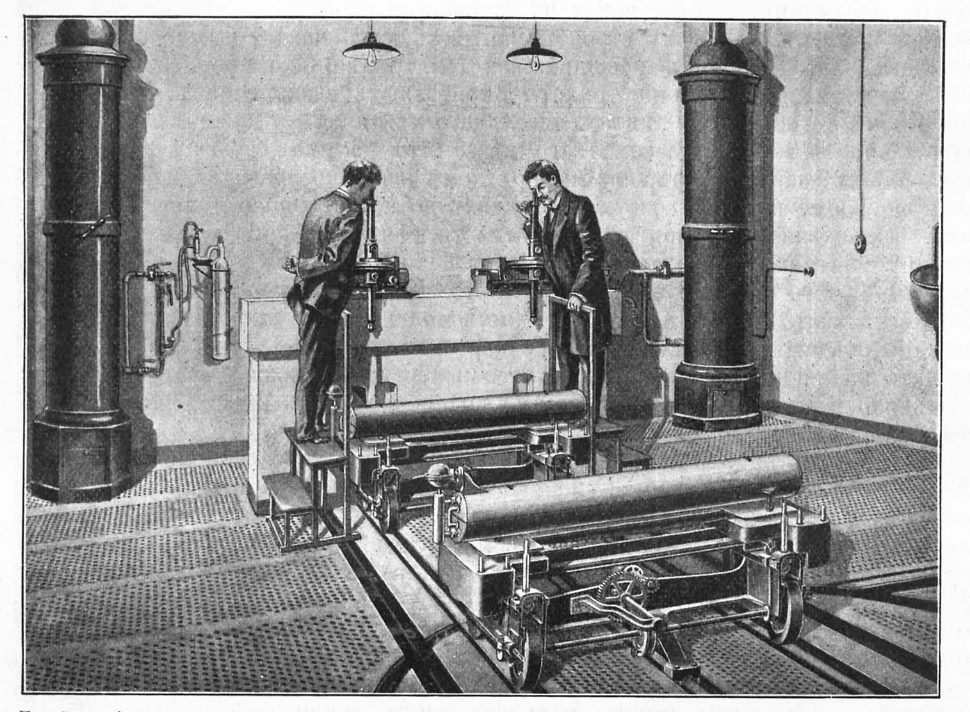
Часы въ обсерваторіяхъ, которые должны указывать время со всей мысли-



Помѣщеніе съ постоянной температурой въ берлинскомъ бюро нормальныхъ мѣръ. См. текстъ, стр. 59.

мой въ наше время точностью, какъ было сказано выше, устанавливаются въ подвальныхъ помѣщеніяхъ, откуда никакихъ астрономическихъ наблюденій производить нельзя. Но для того, чтобы имѣть передъ глазами цѣнныя показанія этихъ часовъ, къ маятнику приспособляютъ такой же контактъ, какой описанъ нами въ маятникѣ Гиппа; стрѣлка электрическаго циферблата, или хронографъ, который находится передъ наблюдателемъ въ разныхъ помѣщеніяхъ обсерваторіи, при помощи контакта приводится въ движеніе. Но въ свою очередь этотъ контактъ является источникомъ ошибокъ. Я попробовалъ устранить его; я ставлю на коробку часовъ микрофонъ, который отвѣчаетъ на улавливаемые ухомъ отсчеты маятника и дѣйствуетъ на электрическое реле, а оно уже передаетъ усиленный токъ на циферблатъ хронографа. Приборъ этотъ до сихъ поръ дѣйствуетъ въ женевской обсерваторіи.

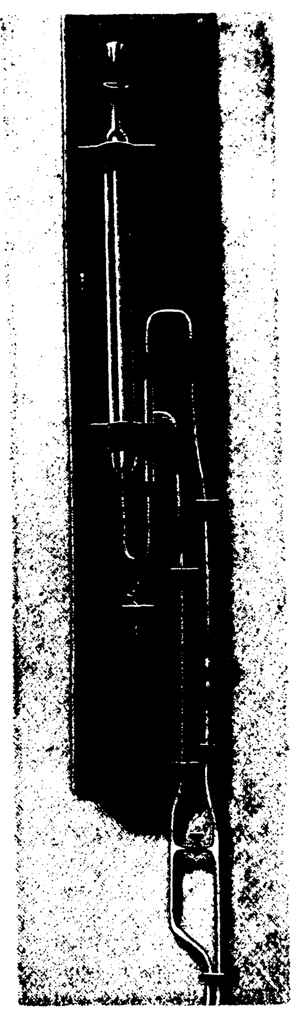
Но маятникомъ пользуются не только для точнаго измѣренія времени; важнѣйшее его назначеніе — измѣреніе со всей доступной въ наше время точностью величины g, положенной въ основу принятой нами системы вѣсовъ и силъ; съ помощью ея мы измѣряемъ всѣ другія силы природы. И если мы сумѣемъ опредѣлить прямымъ измѣреніемъ измѣненіе величины g въ зависимости отъ широты мѣста, то можно будетъ найти и форму земли.



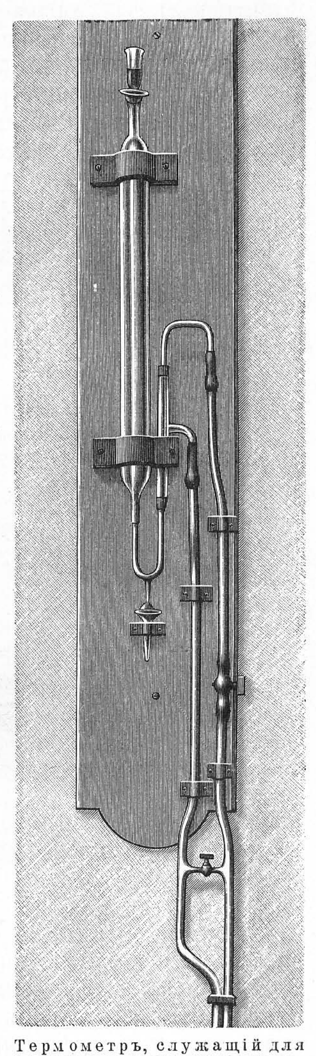
Помѣщеніе съ постоянной температурой въ берлинскомъ бюро нормальныхъ мѣръ.
См. текстъ, стр. 59.

Наша формула, на стр. 55, для длины секунднаго маятника приметъ слѣдующій видъ: $g=\pi^2 l$. Мы видѣли, что продолжительность одного качанія маятника по методамъ астрономіи опредѣляется съ удивительной точностью, и для того, чтобы получить не менѣе точную величину для g, надо только очень точно измѣрить длину l.

Для этой цѣли маятнику придаютъ совсѣмъ другую форму: устраиваютъ маятникъ геодезическій. Это уже не часы, и потому въ немъ нѣтъ ни прибора для отсчета, ни того приспособленія, которое своими толчками должно возстановлять его движеніе. Если подвѣсить маятникъ на остромъ ребрѣ хорошо отшлифованной агатовой призмы, то, несмотря на небольшіе углы отклоненія, онъ можетъ качаться цѣлыми часами, и эти качанія все еще можно будетъ измѣрить. Чтобы опредѣлить продолжительность одного качанія геодезическаго маятника помѣщаютъ его на извѣстномъ разстояніи отъ астрономическихъ часовъ, которые повѣряются по наблюденіямъ на небесномъ сводѣ. Затѣмъ устанавливаютъ передъ ними небольшую зрительную трубу и наблюдаютъ, сколько разъ оба маятника будутъ въ одной и той же фазѣ колебанія, то есть сколько разъ въ теченіе извѣстнаго промежутка времени одинъ маятникъ опередитъ другой на цѣлое качаніе. Такъ какъ время одного качанія астрономическаго маятника извѣстно въ точности, то по этимъ наблюденіямъ совпаденій мы можемъ найти время одного качанія геодезическаго маятника. Въ немъ измѣненія, происходящія отъ теплоты, не уравниваются; зато стараются по возможности сохранить во время наблюденія температуру постоянной и измѣрить ее, какъ можно точнѣе. Измѣреніе же длины маятника производится при точно такой же температурѣ. Остается теперь установить центръ тяжести маятника и выполнить это такъ, чтобы разстояніе этого центра отъ точки подвѣса было видимо глазомъ. Съ этой цѣлью Боненбергеръ изобрѣлъ оборотный маятникъ, который потомъ былъ Бесселемъ значительно улучшенъ. Бессель пользовался имъ при рѣшеніи практическихъ задачъ высшей геодезіи (см. рисунокъ на стр. 57). Части этого маятника почти симметричны: надъ лезвіемъ подвѣса есть также чечевица, если еще можно ее такъ называть, потому что тутъ она имѣетъ еще болѣе простую форму. У оборотнаго маятника лезвіе есть и внизу. Оба лезвія находятся на одинаковомъ разстояніи отъ середины стержня. Теперь можно обернуть маятникъ (отсюда его названіе): онъ можетъ качаться то на одномъ, то на другомъ лезвіи.


Термометръ, служащій для регулированія температуры въ международномъ бюро мѣръ. (Guillaume, „Bureau international des poids et des mesures“). См. текстъ, стр. 60.

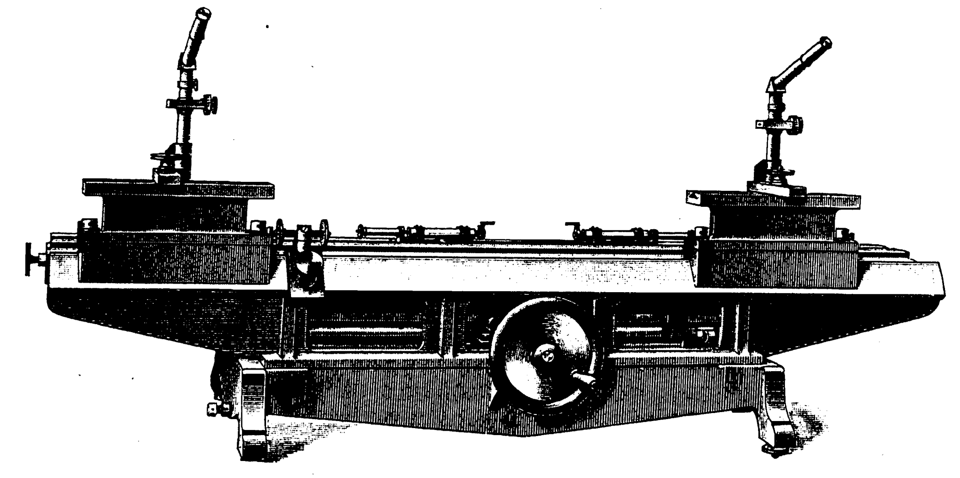
Чечевицеобразныя тѣла мы передвигаемъ по оси маятника до тѣхъ поръ, пока продолжительность одного качанія маятника въ томъ и другомъ положеніи его не будетъ одна и та же. Эти два ряда наблюденій исключатъ вліяніе формы маятника на продолжительность его качаній вполнѣ; искомая же длина маятника равна разстоянію между обоими лезвіями, а оно можетъ быть измѣрено точно. Окончательное измѣреніе длины маятника происходитъ въ особыхъ учрежденіяхъ, оборудованныхъ замѣчательными приборами для сравненія мѣръ, въ бюро нормальныхъ мѣръ. Нашъ рисунокъ на стр. 58 представляетъ помѣщеніе съ постоянной температурой въ берлинскомъ бюро нормальныхъ мѣръ. Въ этомъ помѣщеніи оконъ нѣтъ; оно прямо соединяется съ подваломъ. Его устраиваютъ, какъ видно изъ



Термометръ, служащій для регулированія температуры въ международномъ бюро мѣръ. (Guillaume, „Bureau international des poids et des mesures"). См. текстъ, стр. 60.

чертежа такого же помѣщенія въ парижскомъ учрежденіи (см. чертежъ на стр. 11) съ двойными стѣнками. При помощи прибора, регулятора (см. рис. на стр. 59), газъ поступаетъ въ газовую печь; жидкость въ приборѣ, расширяясь, регулируетъ притокъ тепла, и можно поддерживать въ этомъ помѣщеніи желаемую температуру. Микроскопы, служащіе для установленія совпаденій (см. рисунокъ на стр. 58), находятся на особенныхъ фундаментальныхъ столбахъ. На подвижной платформѣ находится желобъ, въ которомъ содержится жидкость и измѣряемый предметъ; температура жидкости точно измѣряется. На рисункѣ на стр. 60 изображенъ простой компараторъ, въ которомъ имѣется запасной микроскопъ и другія вспомогательныя приспособленія. Измѣреніе длины маятника можно произвести съ ошибкой менѣе, чѣмъ въ микронъ.

Если длина маятника найдена, то помноживъ выражающее ее число на квадратъ π, получимъ тотчасъ величину силы тяжести для того мѣста, гдѣ были

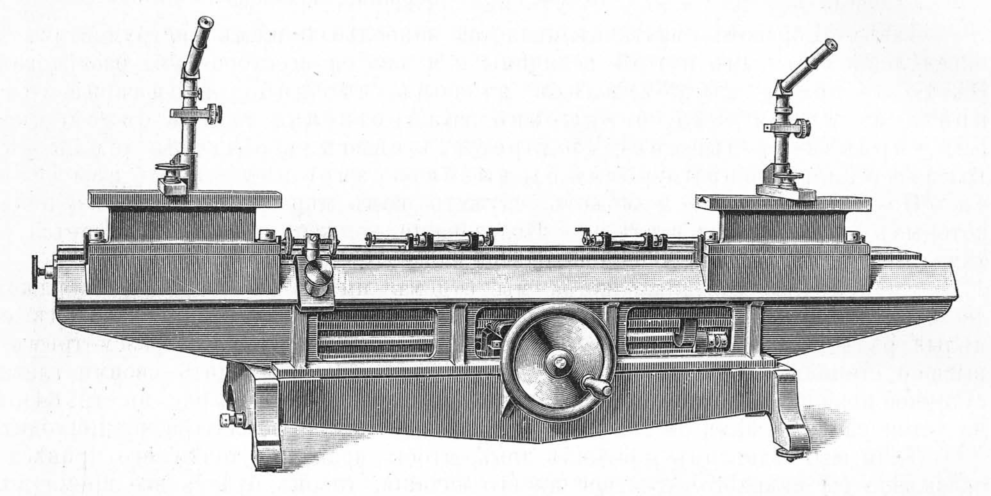


Компараторъ Бамберга для сравненія длинъ. См. текстъ, стр. 60.

произведены эти наблюденія съ маятникомъ. Повторяя эти опыты въ разныхъ мѣстахъ земного шара, нашли, что длина простого секунднаго маятника для каждой географической широты особая. Связавъ всѣ эти наблюденія въ одну формулу, получаемъ $l = 0{,}9909827$ м. $+ 0{,}00515358$ м. $\sin^2\varphi$.

Такимъ образомъ, простой секундный маятникъ на полюсѣ длиннѣе маятника на экваторѣ на цѣлыхъ 5 мм. И если часы, совершенно вѣрно идущіе на экваторѣ, перенести на полюсъ, то они ежедневно будутъ уходить впередъ не болѣе и не менѣе, чѣмъ на 3 мин. 45 секундъ. Это подмѣтилъ впервые французскій астрономъ Рише. Въ 1671 году онъ отправился въ Кайену, гдѣ намѣревался производить, для вычисленія солнечнаго параллакса, наблюденія надъ Марсомъ. Онъ взялъ съ собой вывѣренные въ Парижѣ часы съ маятникомъ и очень удивлялся, видя, что они ежедневно отстаютъ; онъ долженъ былъ укоротить маятникъ болѣе, чѣмъ на парижскую линію, и только тогда они стали отбивать секунды вѣрно. Но еще больше удивился онъ по прибытіи въ Парижъ, когда часы стали уходить впередъ снова на тѣ же двѣ минуты, и для того, чтобы маятникъ попрежнему совершалъ одно качаніе въ секунду, пришлось придать ему прежнюю его длину. Этимъ самымъ Рише показалъ, что въ зависимости отъ широты мѣста должна мѣняться и длина маятника.

Изъ того, что сказано, можно понять, какое соотношеніе должно существовать между коэффиціентомъ при $\sin^2\varphi$, выводимымъ изъ опредѣленія длины маятника подъ той или другой широтой и сжатіемъ земного шара, а потому, на основаніи однихъ только длинъ маятника, можно судить о формѣ земли. Колеблющійся безъ шума впередъ и назадъ въ своемъ стекляномъ футлярѣ маятникъ позволяетъ



Компараторъ Бамберга для сравненія длинъ. См. текстъ, стр. 60.

человѣку, отдающему себѣ отчетъ въ томъ, что передъ нимъ происходитъ, судить о формѣ того міроваго тѣла, на которомъ онъ странствуетъ.

Необычайная чувствительность маятника позволяетъ намъ провѣрить законъ убыванія силы притяженія въ зависимости отъ квадрата разстоянія отъ центра земли опытнымъ путемъ, — наблюденіями на станціяхъ, устроенныхъ на разныхъ высотахъ. Изъ нашей формулы мы видимъ, что часы съ маятникомъ при подъемѣ на 1000 метровъ надъ уровнемъ моря (независимо отъ дѣйствія одновременно съ этимъ возрастающей и центробѣжной силы) должны отставать ежедневно на 13,56 секунды, что подтверждается и наблюденіями. Такія измѣренія были дѣйствительно выполнены въ 1899 году Хауски (Hausky) на Монбланѣ и дали слѣдующіе результаты.

	m	g		m	g
Шамони	1050	9,80394	Гранъ-Мюле	3050	9,79999
Бревентъ .	2525	9,80056	Вершина Монблана	4810	9,79472

Такимъ образомъ, маятникъ является наиболѣе тонкимъ инструментомъ для опредѣленія опытнымъ путемъ величины g и для ея всесторонняго изслѣдованія. В ъ т о ж е в р е м я м ы у б ѣ д и л и с ь в ъ т о м ъ, ч т о н а б л ю д а е м а я н а з е м л ѣ п р и т я г а т е л ь н а я с и л а с о в е р ш е н н о т о ж д е с т в е н н а с ъ т о й с и л о й, к о т о р а я у п р а в л я е т ъ д в и ж е н і е м ъ м і р о в ы х ъ с в ѣ т и л ъ и ч т о н а з е м л ѣ н ѣ т ъ т а к и х ъ с и л ъ, к о т о р ы я м о г л и б ы в ы з в а т ь с а м о е н и ч т о ж н о е и з м ѣ н е н і е е я. Поэтому величина g можетъ служить намъ мѣрой тѣхъ силъ, изученіемъ которыхъ мы намѣрены заняться. Пользованіе ею, какъ мѣрой, облегчается еще тѣмъ, что притягательная сила находится повсюду.

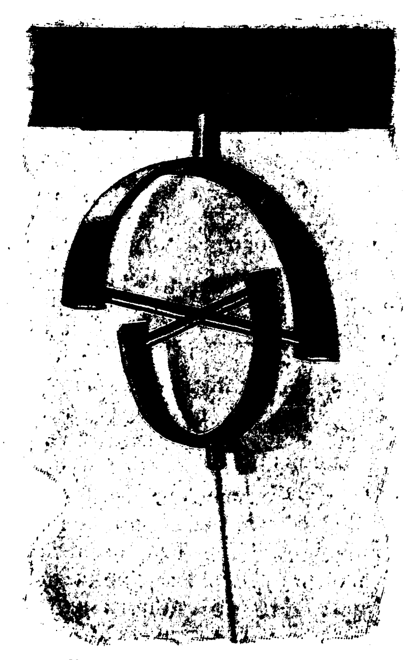
Съ помощью маятника, когда мы будемъ имѣть въ своемъ распоряженіи достаточно другихъ, имѣющихъ общее значеніе, опытовъ, мы произведемъ еще цѣлый рядъ изслѣдованій. А теперь, не откладывая дальше, разсмотримъ въ высшей степени интересный опытъ, позволяющій намъ увидать своими глазами суточное вращеніе земли. Мы говоримъ объ о п ы т ѣ Ф у к о (см. рис. на стр. 64), гдѣ на установленныя нами до сихъ поръ свойства маятника ссылаться не приходится.

Если мы подвѣсимъ маятникъ такъ, чтобы вращеніе точки его привѣса не оказывало бы никакого дѣйствія на его качанія, то онъ будетъ все время колебаться въ той плоскости, въ которой качанія начались. Мы не станемъ входить въ подробности его конструкціи, въ разсмотрѣніе тѣхъ механическихъ приспособленій, при помощи которыхъ указанное нами условіе осуществляется во всей возможной полнотѣ на практикѣ, — книга наша не курсъ опытной физики. Какъ устраиваютъ такія приспособленія, легко можно понять по рисунку, помѣщенному у насъ на стр. 62. Пустимъ этотъ маятникъ въ ходъ на полюсѣ земли, причемъ сначала пусть онъ качается въ плоскости берлинскаго меридіана, который въ этотъ моментъ совпадаетъ съ нѣкоторой плоскостью, проходящей черезъ неподвижную звѣзду. Въ изображенномъ у насъ приборѣ маятникъ начинаетъ качанія въ плоскости дужки, и мы не видимъ, почему бы онъ долженъ былъ непремѣнно перемѣститься въ другую плоскость, когда перемѣстится, продолжая свое суточное вращеніе, берлинскій меридіанъ вмѣстѣ съ другими меридіанами нашей планеты, находящимися внизу отъ маятника. Такимъ образомъ, по прошествіи извѣстнаго промежутка времени, въ точности равнаго разницѣ между временемъ берлинскимъ и, скажемъ, парижскимъ, маятникъ будетъ качаться въ плоскости парижскаго меридіана, затѣмъ меридіана мадридскаго и т. д. То же движеніе повторяетъ и плоскость, опредѣляемая звѣздой: одновременно съ кажущимся суточнымъ вращеніемъ небеснаго свода, она будетъ проходить черезъ Парижъ, Мадридъ и т. д. Если мы станемъ отмѣчать на земной поверхности направленія, въ которыхъ совершаются качанія маятника, то мы увидимъ, что за часъ отклоненіе отъ первоначальнаго направленія равно 15^0, то есть 24-ой части всей окружности; отсюда мы заключаемъ, что наша планета въ 24 часа совершаетъ вокругъ своей оси одинъ оборотъ.

Но на экваторѣ этого явленія не бываетъ: тутъ земля подъ маятникомъ не вращается, — весь приборъ несется съ ней дальше. Здѣсь маятникъ Фуко поло-

женія плоскости своихъ качаній по отношенію къ поверхности земли не измѣняетъ. Для другихъ же широтъ величина этого вращенія измѣняется въ предѣлахъ отъ нуля до 15 градусовъ въ часъ. Несложнымъ геометрическимъ построеніемъ можно показать, что отклоненіе плоскости качанія маятника для широты φ должно равняться $15^0 \sin \varphi$.

Опыты Фуко большей частью обставлялись роскошно и носили характеръ всенароднаго доказательства вращенія земли. Для устраненія вліяній, могущихъ нарушить чистоту опыта, приходится брать очень длинный маятникъ. Подвѣсить такой маятникъ можно только въ какомъ-нибудь общественномъ зданіи, въ церкви и т. п., гдѣ можетъ найтись помѣщеніе соотвѣтственной высоты. Благодаря тому, что длинный маятникъ описываетъ и путь длинный, отклоненіе маятника при вращеніи земли будетъ выражаться большими длинами, а потому его можно будетъ замѣтить легче. Первый опытъ этого рода былъ произведенъ въ парижскомъ пантеонѣ въ 1851 году (см. рисунокъ на стр. 64), длина маятника равнялась приблизительно 67 метр., что по формулѣ, написанной нами выше, даетъ продолжительность колебанія въ 8,2 секунды. Путь, прочерчиваемый маятникомъ за одно качаніе, равнялся 6,5 метра; точки остановокъ маятника вслѣдствіе вращенія земли мало-по-малу вычерчивали окружность, и перемѣщеніе по ней въ одну минуту равнялось 1 ст. Особый интересъ пріобрѣтаетъ повтореніе этого опыта іезуитомъ патеромъ Секки, благодаря тому, что Секки произвелъ его въ одномъ изъ соборовъ города Рима, того самаго города, гдѣ двѣсти лѣтъ тому назадъ Галилея принудили отречься отъ ученія о вращеніи земли.



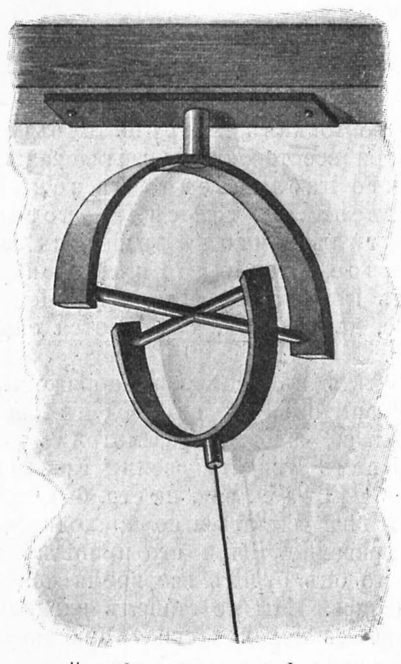
Подвѣсъ маятника Фуко. См. текстъ, стр. 61.

Гдѣ ни производили опытъ съ маятникомъ Фуко, всюду онъ давалъ для часового отклоненія тѣ же величины, что и вычисленіе, а это служитъ наиболѣе нагляднымъ и совершеннымъ доказательствомъ суточнаго вращенія земли.

d) Тяжесть, масса, плотность, удѣльный вѣсъ и единица силы.

Во всѣхъ опытахъ и разсужденіяхъ, приведенныхъ нами до сихъ поръ, мы могли брать любое изъ множества разнообразныхъ веществъ природы и въ любомъ количествѣ. Пухъ въ пустотѣ падаетъ съ той же скоростью, что и центнеровая гиря. Сдѣлаемъ ли мы маятникъ изъ платины или изъ дерева, — разъ длины обоихъ маятниковъ одинаковы, продолжительность качанія ихъ будетъ одна и та же. Тысячи разъ мы убѣждаемся по опыту въ томъ, что разныя вещества очень неодинаково „тяжелы" и что эта тяжесть есть слѣдствіе притягательной силы, которой мы до сихъ поръ занимались. Въ самомъ дѣлѣ, мы узнали, что притягательная сила не перестаетъ дѣйствовать ни на мгновеніе. И если сопротивленіе земной поверхности останавливаетъ движеніе брошеннаго камня, то сама земля не перестаетъ его притягивать; камень поэтому постоянно оказываетъ давленіе на подставку. Почему же это давленіе для разныхъ тѣлъ и для разныхъ количествъ одного и того же вещества такъ различно, тогда какъ причина самого давленія, — притягательная сила, повсюду и вездѣ одинакова?

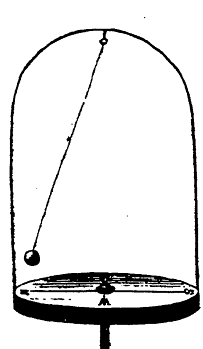
Отвѣтить на это очень легко. Возьмемъ кубъ, сдѣланный изъ какого-нибудь вещества, скажемъ, изъ желѣза, съ ребромъ въ 1 метръ, и другой кубъ тоже изъ желѣза, съ ребромъ въ 1 сант.; тогда меньшій будетъ содержаться въ большемъ



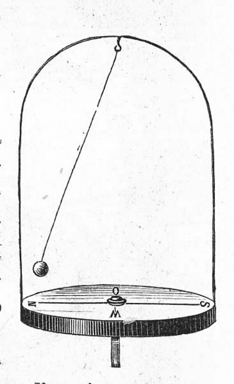
Подвѣсъ маятника Фуко.
См. текстъ, стр. 61.

$100^3 = 1,000,000$ разъ. Оба куба падаютъ съ одинаковой скоростью. Прибавимъ теперь къ понятію о силѣ, еще понятіе о ея работѣ: очевидно, что работа, благодаря которой большой кубъ перемѣстился на тотъ же кусокъ пути, что и меньшій, въ 1,000,000 разъ больше той, которая заставила передвинуться кубическій сантиметръ желѣза; кубическій метръ можно разбить какъ разъ на такое же число кубическихъ сантиметровъ, — каждый изъ нихъ можетъ падать независимо отъ другихъ. Такъ какъ работа, затрачиваемая при паденіи одного куба, въ милліонъ разъ больше работы, затрачиваемой на другой, то это отношеніе сохранится и тогда, когда они очутятся на землѣ, и кубическій метръ долженъ надавливать на свою подставку въ 1,000,000 разъ сильнѣе, чѣмъ кубическій сантиметръ.

При помощи давленій на подставки производятъ сравненіе вѣсовъ тѣлъ. Для этого пользуются вѣсами (см. рисунокъ на стр. 65). Они играютъ въ обиходѣ людей большую роль. Наряду съ этими вѣсами, простой домашней утварью, у насъ помѣщенъ рисунокъ точнѣйшаго научнаго прибора, который употребляютъ въ учрежденіи для провѣрки мѣръ и вѣсовъ въ Парижѣ для измѣренія самыхъ незначительныхъ тяжестей. Если коромысло вѣсовъ, которое можетъ качаться на прикрѣпленномъ въ его серединѣ остріѣ, установится въ положеніи равновѣсія горизонтально, то это значитъ, что сила тяжести дѣйствуетъ на оба его конца одинаково. Мы привѣшиваемъ теперь къ обоимъ концамъ на одномъ и томъ же разстояніи отъ середины по предмету; пусть коромысло снова придетъ въ горизонтальное положеніе. Для передвиженія того и другого предмета сила тяжести должна была произвести одинаковыя работы: по отношенію къ силѣ они оба одинаково велики. И если оба они сдѣланы изъ одного и того же вещества, то они и на самомъ дѣлѣ должны быть одинаково велики, хотя по формѣ могутъ другъ отъ друга очень отличаться. Предположимъ, что одинъ изъ предметовъ желѣзный шаръ, другой — желѣзный кубъ, съ ребромъ въ 1 сант.; тогда діаметръ шара долженъ быть таковъ, чтобы объемъ его въ точности равнялся 1 куб. сант. Такъ какъ объемъ шара $V = \frac{4}{3}\pi r^3$, то діаметръ долженъ равняться 1,24 сант. И если намъ не сразу понятно, почему напряженіе силы должно быть тѣмъ больше, чѣмъ больше предметъ, который она должна передвинуть, то рядъ такихъ опытовъ, какъ предыдущій, или подобныхъ ему, сдѣлаетъ это положеніе яснымъ до очевидности. Теперь условимся говорить о тѣлѣ, которое давитъ на свою подставку въ n разъ больше другого, что и масса его въ n разъ больше. Поэтому, если оба тѣла сдѣланы изъ одного и того же вещества, то массы ихъ должны относиться другъ къ другу, какъ объемы.

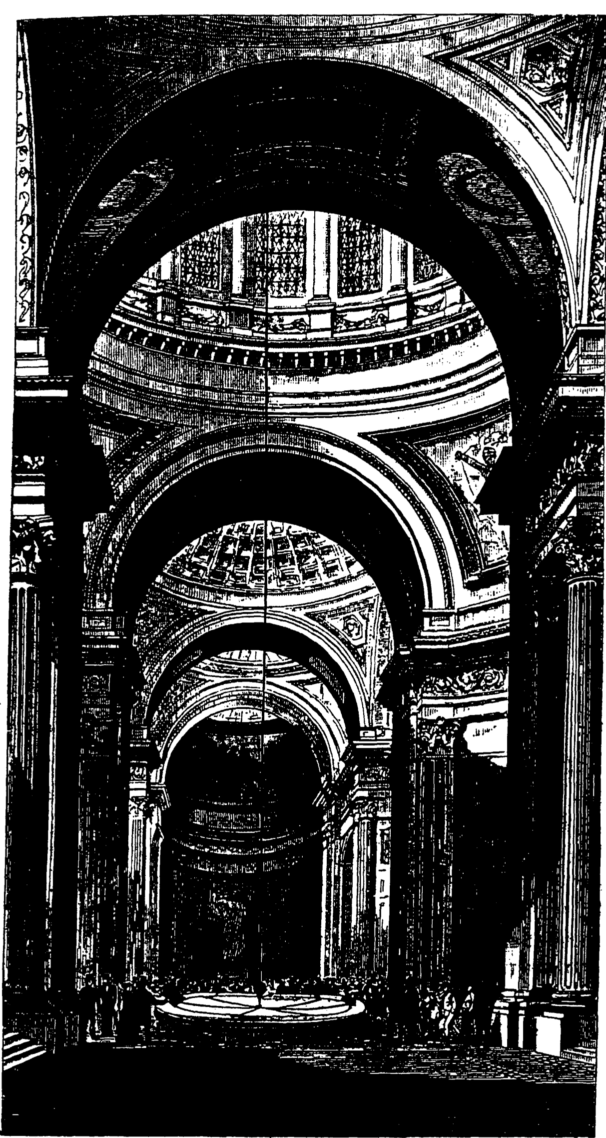

Качанія маятника Фуко.

Не то будетъ, если вещества неодинаковы: 1 кубическій сантиметръ алюминія вѣситъ много легче 1 кб. см. желѣза. Если положить на одну чашку 1 кб. см. желѣза, то для того, чтобы ее уравновѣсить, надо положить на другую чашку алюминіевый кубъ, ребро котораго равно 1,41 см. Объемъ такого куба — 2,81 куб. см. Такъ какъ сила тяжести производитъ перемѣщеніе обоихъ тѣлъ на равныхъ протяженіяхъ, то и напряженіе ея должно быть одинаково, а потому мы должны допустить, что массы обоихъ тѣхъ одинаковы. Такимъ образомъ въ алюминіи матерія распредѣлена рѣже. Къ тому же результату мы придемъ, разбивъ на мелкія части желѣзный кубъ и размѣстивъ ихъ на такомъ разстояніи другъ отъ друга, чтобы, взятыя вмѣстѣ, онѣ заполнили бы собой кубъ, по величинѣ равный алюминіевому. Частицы въ желѣзномъ кубѣ будутъ уложены другъ около друга тѣмъ рѣже, чѣмъ больше другой кубъ, съ величиной котораго мы сообразуемся при этомъ дѣленіи на части. Поэтому говорятъ, что плотность массы алюминія или, какъ невѣрно выражаются, плотность алюминія менѣе плотности желѣза. Такимъ образомъ, плотность тѣла d мы находимъ, раздѣляя его массу на его объемъ $d = \frac{m}{v}$; желѣзо въ два раза плотнѣе алюминія.



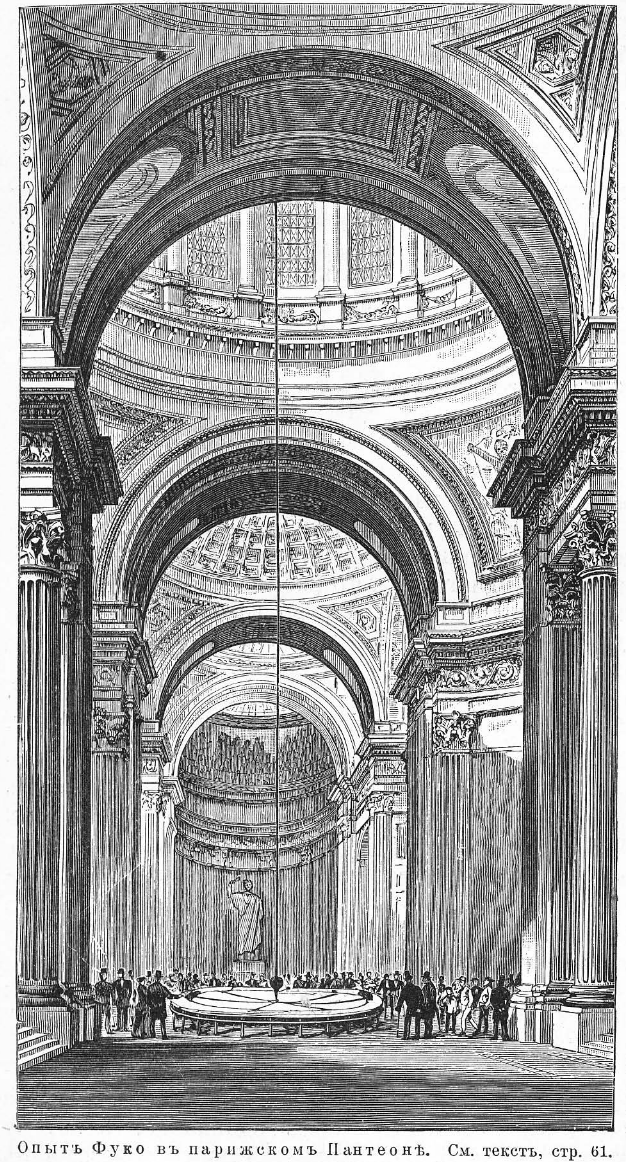
Качанія маятника
Фуко.

Такъ какъ въ этомъ смыслѣ, всѣ тѣла неодинаковы, то надо непремѣнно условиться и выбрать какой-нибудь вѣсъ за образецъ; этотъ вѣсъ можно будетъ положить въ основу измѣреній вѣса, массы, плотности, силы и работы, подобно тому, какъ мы выбрали за единицу длины метръ. Для этого надо имѣть такое тѣло, съ плотностью котораго, какъ съ единицею, можно было бы сравнивать плотности другихъ тѣлъ. Выбрали воду и именно ее, а не другое тѣло потому, что всѣ тѣла при измѣненіи температуры расширяются различно, то есть имѣютъ разныя плотности; вода же при 4^0 Цельзія находится въ состояніи наибольшей плотности. За единицу вѣса принятъ 1 куб. ст. воды въ этихъ условіяхъ; его назвали граммомъ. 1000 гр., или вѣсъ одного кубическаго дециметра, воды называется килограммомъ и т. д.



Опытъ Фуко въ парижскомъ Пантеонѣ. См. текстъ, стр. 61.

Если рѣчь идетъ только о сравненіи вѣсовъ или массъ, то измѣненій величины силы тяжести подъ разными широтами принимать въ разсчетъ не приходится; граммъ какого-нибудь вещества будетъ притягиваться съ такой же силой, какъ граммъ всякаго другого вещества, потому что оба будутъ становиться, по мѣрѣ приближенія къ полюсу, тяжелѣе въ одинаковой мѣрѣ. Иначе обстоитъ дѣло, если мы ищемъ мѣру силы. Если мы желаемъ сравнить силу притяженія центра земли на одинъ граммъ съ какой-нибудь другой силой, отъ этого притяженія не зависящей, то намъ слѣдуетъ измѣрять эту гирю не на вѣсахъ съ коромысломъ, а на вѣсахъ пружинныхъ, и тогда показанія этихъ вѣсовъ подъ различными широтами будутъ неодинаковы. При установленіи общей для всѣхъ силъ единицы мы возьмемъ ту величину земного притяженія, которая наблюдается подъ 45-ымъ градусомъ широты. Падающее тѣло пріобрѣтаетъ здѣсь по истеченіи первой секунды скорость 9,81 м., а въ послѣдующія секунды ему сообщается равное этой скорости ускореніе. Для научныхъ цѣлей за единицу силы приняли силу, сообщающую въ теченіи 1 секунды массѣ въ 1 граммъ ускореніе въ 1 см.; она называется диной (греч. дине = сила). Она въ 981 разъ меньше притяженія земли на ту же массу. Для техническихъ цѣлей эта единица слишкомъ мала и потому за единицу выбрали другую, силу давленія на подставку килограмма. Эта, употребляющаяся въ техникѣ, единица равна, стало быть, 981.000 динамъ.



Опытъ Фуко въ парижскомъ Пантеонѣ. См. текстъ, стр. 61.

За единицу работы силы въ научной системѣ, сантиметръ-граммъ-секунда, принимаютъ работу, которую производитъ дина при перемѣщеніи тѣла на 1 сантиметръ. Эта единица работы называется эргомъ (отъ эргос., греч., = работа). Для техническихъ цѣлей употребляется килограммометръ (кгм.), который, какъ вытекаетъ изъ сказаннаго, будетъ равенъ 98,100,000 эргамъ. Это та работа, которую приходится затратить при поднятіи 1 кгр. на 1 м. Время здѣсь пока въ разсчетъ не принимается. Но мы вводимъ его, если желаемъ узнать напряженность работы, ея производительность въ секунду; для этого всю произведенную силой работу мы дѣлимъ на время. 75 кгм. въ секунду носитъ названіе лошадиной силы; послѣдняя равняется 75 × ×98,100,000 = 7,357,500,000 эргамъ.



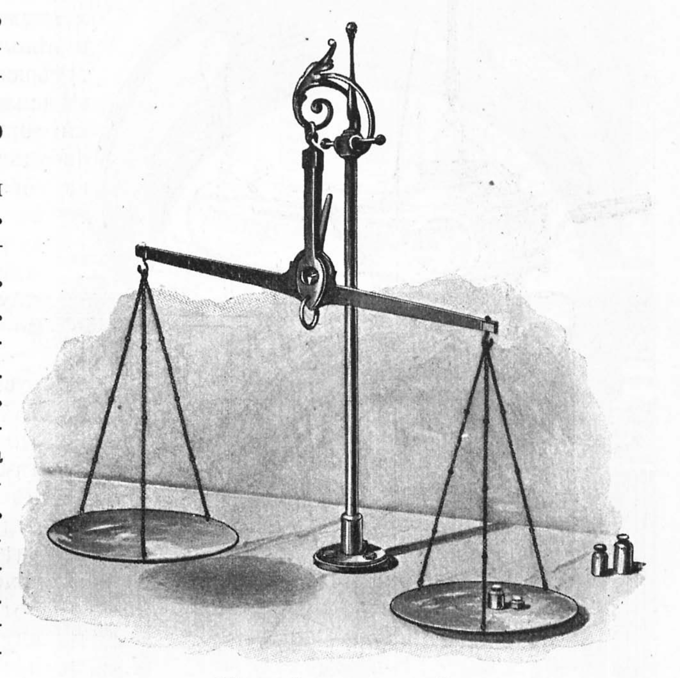
Вѣсы. См. текстъ, стр. 63.

Такъ какъ граммъ, или масса 1 куб. сант. воды, есть единица массы, то наша формула $d = \frac{m}{v}$ даетъ плотность вещества по сравненію съ максимальной плотностью воды, или просто плотность. Мы узнаемъ, во сколько разъ объемъ какого нибудь вещества тяжелѣе такого же объема воды; поэтому плотность называютъ также **удѣльнымъ вѣсомъ**. Это число не зависитъ отъ того, какая система мѣръ нами принята. Это число представляетъ собой отношеніе и особаго наименованія не имѣетъ.

Введеніе метрической системы внесло, наконецъ, единство во всѣ измѣренія и облегчило сравненіе данныхъ одного порядка.

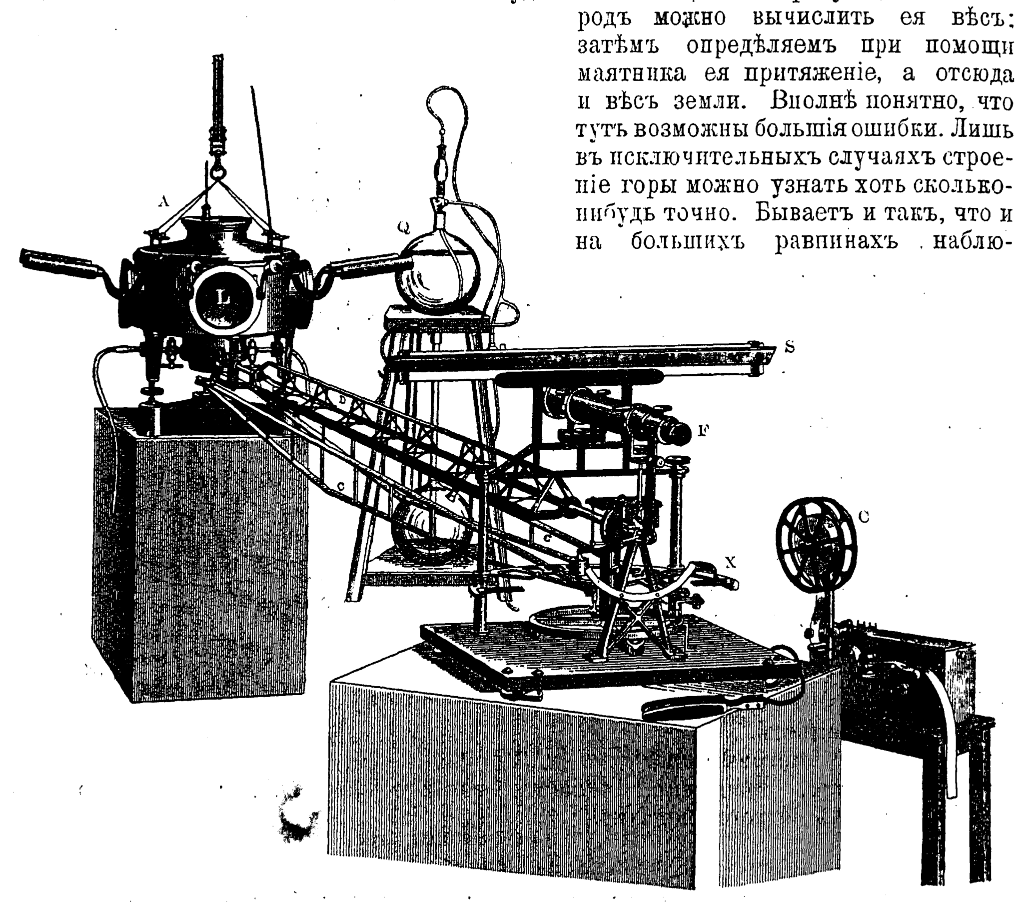
e) Притягательная сила килограмма, вѣсъ небесныхъ свѣтилъ.

Мы видали, что каждая частица массы, находящаяся подъ вліяніемъ силы тяжести, проходитъ все большіе и большіе пути, т. е. во время своего перемѣщенія получаетъ ускореніе. Мы знаемъ, что это та самая сила тяготѣнія, которая приводитъ въ движеніе небесныя свѣтила. Поэтому и они должны состоять изъ частицъ массъ. Такъ какъ каждое небесное свѣтило притягиваетъ остальныя свѣтила и притягивается ими, то мы должны предположить, что тѣ тѣла, которыя находятся вблизи отъ насъ, также взаимно притягиваютъ другъ друга. Но величина этого притяженія, по сравненію съ вездѣсущей притягательной силой земли, ничтожна и потому незамѣтна. Исходя изъ того, что каждое дѣйствіе должно имѣть равное противодѣйствіе, можно сказать, что падающій камень въ свою очередь долженъ притягивать землю и при томъ съ силой, отношеніе которой къ земному притяженію равно отношенію числа частицъ массы или вѣса камня въ граммахъ къ числу граммовъ, выражающему вѣсъ земли. Если намъ удастся опредѣлить притяженіе камня, то, по отношенію его къ притягательной силѣ земли, можно будетъ тотчасъ узнать, во сколько разъ масса земли больше числа граммовъ, заключающихся въ камнѣ, или во сколько разъ земля тяжелѣе камня.



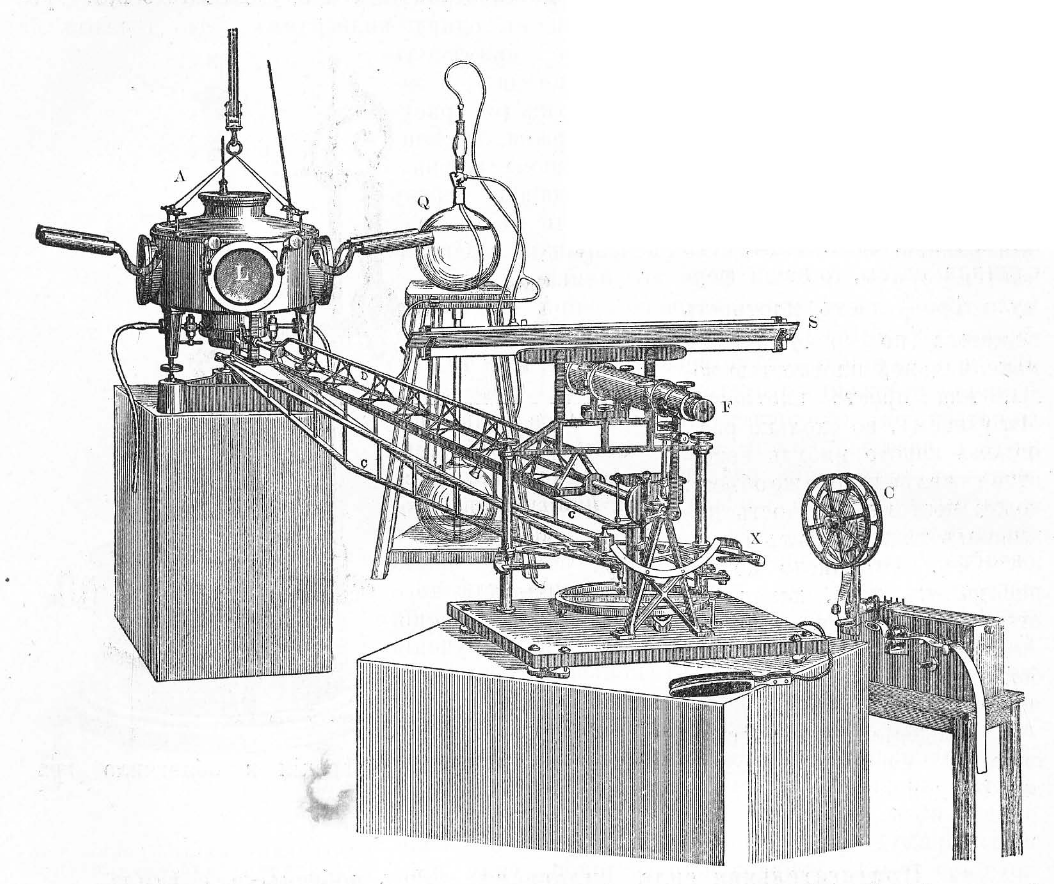
Вѣсы. См. текстъ, стр. 63.

Мы кладемъ теперь на чашку вѣсовъ землю, и этотъ интересный опытъ мы производимъ съ помощью того же маятника. Маятникъ подвѣшиваютъ вблизи отъ горы; наблюденія надъ маятникомъ подъ той же широтой, но въ другомъ мѣстѣ, покажутъ, что маятникъ качается у горы не такъ, какъ при обычныхъ условіяхъ; причину этого можно усмотрѣть лишь въ особой притягательной силѣ, въ дѣйствіи горнаго массива на маятникъ. Если форма горы не очень неправильна и геогностическій составъ ея извѣстенъ, то по удѣльнымъ вѣсамъ образующихъ ее породъ можно вычислить ея вѣсъ; затѣмъ опредѣляемъ при помощи маятника ея притяженіе, а отсюда и вѣсъ земли. Вполнѣ понятно, что тутъ возможны большія ошибки. Лишь въ исключительныхъ случаяхъ строеніе горы можно узнать хоть сколько-нибудь точно. Бываетъ и такъ, что и на большихъ равнинахъ наблю-



Точные вѣсы Бунге въ международномъ бюро мѣръ. („Bureau international des poids et des mesures", Guillaume). См. текстъ, стр. 63. A. мѣсто, гдѣ находятся самые вѣсы. L. окно, черезъ которое наблюдается наклонъ коромысла помощью зрительной трубы F. S. скала, на которую отбрасывается свѣтовое пятно. C. хронографъ для электрической записи движеній свѣтового пятна. X. ручка для накладыванія на чашки грузовъ. Q. ртутный насосъ, служащій для выкачиванія воздуха изъ A.

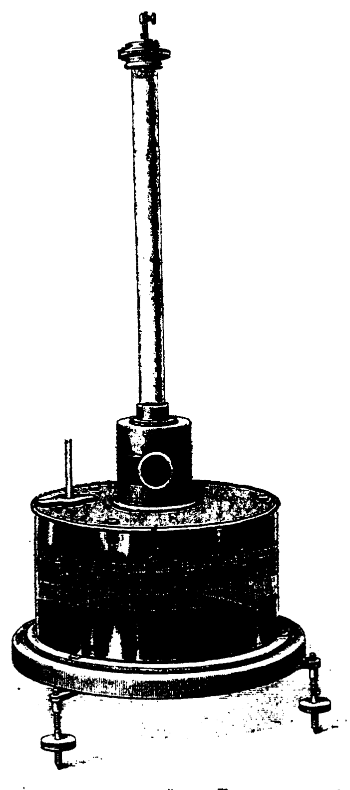
даются неправильности въ качаніяхъ маятника. Такъ, качанія маятника въ окрестностяхъ Берлина совершаются нѣсколько медленнѣе, чѣмъ слѣдовало бы ожидать. Происходитъ это оттого, что тутъ имѣются большія залежи каменной соли, удѣльный вѣсъ которой меньше удѣльнаго вѣса остальныхъ породъ земной коры, а потому и притяженіе ея меньше. Такія нѣсколько менѣе плотныя породы находятся, повидимому, почти подъ всѣми горами. Въ другихъ мѣстахъ, напротивъ, маятникъ колеблется слишкомъ быстро; здѣсь, подъ поверхностью земли, могутъ находиться залежи руды. Всѣ эти факты показываютъ намъ, что маятникъ можетъ давать правильныя показанія только при условіи равномѣрнаго распредѣленія массы земли по ея объему; но, конечно, такое предположеніе не вполнѣ отвѣчаетъ дѣйствительности. Этимъ объясняется, почему, найденное по качаніямъ маятника, сжатіе земли $^1/_{289}$ не сходится точно съ числомъ, получаемымъ изъ прямыхъ измѣреній ($^1/_{299}$). Само собой разумѣется, что эти самыя отступленія длинъ маят-



Точные вѣсы Бунге въ международномъ бюро мѣръ. („Bureau international des poids et des mesures", Guillaume). См. текстъ, стр. 63. A. мѣсто, гдѣ находятся самые вѣсы. L. окно, черезъ которое наблюдается наклонъ коромысла помощью зрительной трубы F. S. скала, на которую отбрасывается свѣтовое пятно. C. хронографъ для электрической записи движеній свѣтового пятна. X. ручка для накладыванія на чашки грузовъ. Q. ртутный насосъ, служащій для выкачиванія воздуха изъ A.

ника отъ тѣхъ величинъ, которыя онѣ должны были бы имѣть въ зависимости отъ мѣста нахожденія прибора на землѣ, позволятъ сдѣлать, когда сѣть точныхъ наблюденій раскинется широко по землѣ, интересные выводы о внутреннемъ составѣ земли, чего мы прямымъ путемъ узнать не можемъ. Но удивительно уже и то, что измѣреніе въ микроскопъ компаратора длины маятника въ томъ или другомъ учрежденіи для провѣрки мѣръ позволяетъ указать на руды, скрытыя въ темныхъ нѣдрахъ земли.

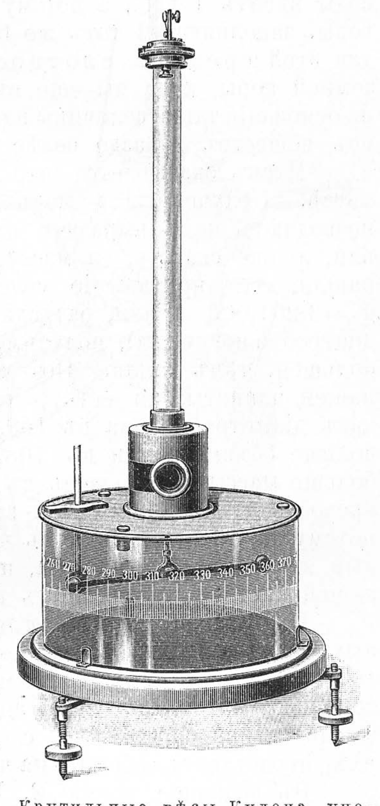
Чтобы опредѣлить вѣсъ земли въ килограммахъ мы должны сравнить его непосредственно съ притяженіемъ гири въ одинъ килограммъ. Это дѣлаютъ на крутильныхъ вѣсахъ; впервые примѣнилъ ихъ къ рѣшенію этой задачи Кэвендишъ, а затѣмъ въ нихъ внесъ улучшенія Кулонъ (см. рисунокъ рядомъ). Они состоятъ изъ стержня, къ концамъ котораго придѣлано по небольшому шарику. Стержень подвѣшенъ на нити, проходящей черезъ его середину; такимъ образомъ, будучи въ положеніи равновѣсія, онъ вмѣстѣ съ шариками располагается горизонтально. Если его немного повернуть въ сторону, то закручивающаяся при этомъ нить снова стремится придти въ прежнее положеніе. Въ ней начинаетъ дѣйствовать сила крученія. Теперь стержень отпустимъ; прежде, чѣмъ остановиться, онъ совершитъ нѣсколько колебаній впередъ и назадъ. Стало быть, чтобы привести стержень въ положеніе равновѣсія нужна извѣстная, хотя бы и очень небольшая, сила, направленная горизонтально. Силу эту, которая зависитъ отъ свойствъ нити, опредѣляютъ при помощи опыта настолько точно, что можно вычислить для того или другого отклоненія сопротивленіе вращенія въ доляхъ грамма, или же величину силы крученія въ динахъ. Мы подносимъ къ меньшимъ шарикамъ по большому шару, вѣсомъ каждый въ 1 кгр., и видимъ, что шарики крутильныхъ вѣсовъ притягиваются большими неподвижными шарами. Если размѣстить шары такъ, что оба шара будутъ поворачивать вѣсы въ одномъ и томъ же направленіи, то вѣсы примутъ другое положеніе равновѣсія: сила крученія будетъ уравновѣшивать теперь силу притяженія обоихъ большихъ шаровъ. Отклоненія крутильныхъ вѣсовъ позволяютъ вычислить притягательную силу большихъ шаровъ, для тѣхъ или другихъ разстояній между этими шарами и шариками крутильныхъ вѣсовъ.



Крутильные вѣсы Кулона, употребляемые для опредѣленія вѣса земли. См. текстъ, стр. 67.

Такія измѣренія показали, что шаръ, вѣсящій килограммъ, на разстояніи 1 дц. притягиваетъ другое тѣло съ силой 0,000666 динъ. Такъ какъ 1 гр. равенъ 981 динѣ, то отношеніе ея къ грамму вѣса = 0,000666 : 981 = 0,000000679; то есть эта сила, немногимъ болѣе полумилліонной доли грамма, уравновѣшиваетъ на крутильныхъ вѣсахъ притяженіе 1 кгр. Эта сила до того незначительна, что мы никогда бы не нашли ея на землѣ, не будь огромныхъ тѣлъ, планетъ, въ особенности же самой земли, гдѣ эта сила, возрастая съ каждой частицей, достигаетъ огромной величины.

Это число 0,000666 даетъ намъ возможность найти вѣсъ земли. Сила притяженія по мѣрѣ возрастанія числа частицъ и сама возрастаетъ; эта сила g очевидно равняется $\frac{M}{R^2}$, гдѣ M есть масса притягиваемаго тѣла, а R—разстояніе между этимъ тѣломъ и тѣмъ, которое притягиваетъ. Для шара, вѣсящаго кило-



Крутильные вѣсы Кулона, употребляемые для опредѣленія вѣса земли. См. текстъ, стр. 67.

граммъ, значенія этихъ трехъ величинъ, которыя для отличія будемъ называть k, m, r, можно взять изъ нашего опыта на крутильныхъ вѣсахъ; а именно: k = 0,000666 динъ, m = 1 кгр. r = 1 дц. Для земли g есть величина ускоренія силы тяжести, а R равно разстоянію центра земли отъ ея поверхности, мы же ищемъ M, массу земли. Такъ какъ $k = \frac{m}{r^2}$, то отсюда имѣемъ $M = \frac{gR^2m}{kr^2}$. Получающееся отсюда число представится въ круглыхъ цифрахъ цифрой 6 съ 24 слѣдующими за ней нулями, то есть 6 квадрильонами килограммовъ. Объемъ земли, или величина $\frac{4}{3}\pi R^3$, круглымъ счетомъ равенъ одному квадрильону кб. дц. 1 куб. дец. воды вѣситъ 1 кгр., а потому масса земли въ среднемъ въ 6 разъ тяжелѣе массы воды, заполняющей тотъ же объемъ. Изъ болѣе точныхъ измѣреній получается для этой средней плотности земли число 5,59. Оказывается, что тѣ слои земной коры, куда мы еще въ состояніи проникнуть, легче, чѣмъ они должны быть на основаніи такой величины плотности, а потому ядро нашей планеты должно состоять изъ веществъ гораздо болѣе тяжелыхъ, что можно было и безъ того предвидѣть.

Итакъ оказывается, что притяженіе каждаго тѣла прямо пропорціонально его массѣ. Полученныя у насъ величины притяженій различныхъ міровыхъ тѣлъ позволяютъ намъ выразить ихъ вѣсъ; за единицу мы принимаемъ вѣсъ земли или, лучше сказать, ея массу, а потомъ переводимъ полученныя числа въ кгр. Мы нашли, что притяженіе солнца на разстояніи земного радіуса отъ него равно g = 3,201,000 м. или, раздѣливъ это число на 9,78 (притяженіе земли, за вычетомъ центробѣжной силы), получимъ, что солнце притягиваетъ съ силой въ 327,000 разъ большей, чѣмъ земля. Поэтому солнце должно быть во столько же разъ тяжелѣе нашей планеты, то есть должно вѣсить 327,000 × 6 квадрильоновъ кгр. Такъ какъ діаметръ солнца въ 108,7 разъ больше діаметра земли, то объемъ солнца больше объема земли въ 108,7 × 108,7 × 108,7 = 1,284,000 разъ. Масса солнца больше массы земли лишь въ 327,000 разъ. Она распредѣлена по объему, который превосходитъ объемъ земли въ число разъ, приблизительно равное 327,000 × 4, а потому плотность солнца въ четыре раза меньше плотности земли; то есть удѣльный вѣсъ ея = 5,59 : 4 = 1,4, и вещество, изъ котораго состоитъ центральное тѣло нашей системы, въ среднемъ немногимъ плотнѣе воды.

Всѣ эти опыты мы могли произвести съ помощью маятника и чувствительныхъ крутильныхъ вѣсовъ, которые теперь, къ слову сказать, замѣнены горизонтальнымъ маятникомъ, инструментомъ еще болѣе точнымъ. Если съ помощью математическаго анализа, этого непогрѣшимаго орудія человѣческой мыслительной способности, свести эти результаты вмѣстѣ, то общее въ нихъ, ядро ихъ, представитъ собой то, на что мы смотримъ, какъ на неизмѣнные законы природы.

Въ недавнее время В. Пфаффъ изобрѣлъ очень точный приборъ, позволяющій опредѣлять не самую силу тяжести, а ея измѣненія, и произвелъ интересное изслѣдованіе этихъ измѣненій. Его инструментъ показываетъ, напримѣръ, разницу въ притяженіи на поверхности земли и въ мѣстахъ, находящихся между ней и центромъ земли, въ зависимости отъ даннаго положенія солнца и луны, дѣйствіемъ которыхъ объясняется явленіе приливовъ и отливовъ. Онъ нашелъ, что около новолунія между полднемъ и полуночью измѣненія въ вѣсѣ тѣлъ достигаютъ 0,18 мгр. Это число вполнѣ совпадаетъ съ теоретическимъ числомъ, найденнымъ раньше Гельмертомъ. Интересно, что притяженіе измѣняется, смотря по времени года. Это доказалъ наблюденіями надъ качаніями маятника Штернекъ. Тяготѣніе въ апрѣлѣ и сентябрѣ имѣетъ величину большую средней, а въ январѣ и іюлѣ меньшую. Тутъ, можетъ быть, предстоитъ раскрыть не одну тайну.

3. Законы движенія твердыхъ тѣлъ, или механика.

Подъ вліяніемъ этой вездѣсущей силы тяжести, тѣла, находящіяся вокругъ насъ, или совершаютъ свои движенія, или находятся въ положеніи равновѣсія, въ состояніяхъ давленія, натяженія и т. п. Эти состоянія имѣютъ въ жизни значеніе первостепенное; изъ наблюденій надъ этими движеніями или покоемъ тѣлъ

выведены тѣ основные законы, которые прилагаются при построеніи машинъ и всякаго рода сооруженій для передвиженія, вѣсовъ пружинныхъ и обыкновенныхъ, мостовыхъ сооруженій, подъемныхъ крановъ и вообще всюду въ строительномъ дѣлѣ.

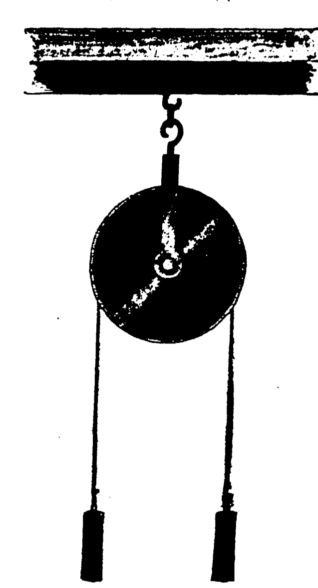
Но изученіе этихъ состояній важно не только изъ-за ихъ практической цѣнности, но и потому, что оно выясняетъ правильность рабочей гипотезы, которая дальше повѣряется у насъ опытами, правильность высказаннаго нами предположенія, что дѣйствія силы тяжести на окружающія насъ осязаемыя тѣла въ сущности ничѣмъ не отличаются отъ дѣйствія силъ, которыя мы будемъ изучать потомъ. Поэтому, изучая движенія въ этомъ воспринимаемомъ нашими чувствами земномъ мірѣ, мы можемъ съ извѣстной степенью вѣроятности судить о закономѣрности въ нихъ; міръ земли для насъ доступнѣе мірового пространства и міра мельчайшихъ частицъ, или атомовъ, существованіе которыхъ мы должны признавать; найденные нами законы могутъ имѣть общее значеніе для всѣхъ областей мірового бытія. Поэтому, чтобы въ нашихъ опытахъ, съ помощью которыхъ мы изслѣдуемъ движенія осязаемыхъ тѣлъ, не считаться съ дѣйствіемъ силы тяжести, мы поставимъ себѣ задачей розысканіе законовъ движеній и только движеній какъ таковыхъ; вотъ почему мы можемъ назвать эту часть физики общей механикой движеній.

Большинство разсматриваемыхъ нами явленій до того заурядно, что одно упоминаніе о нихъ можетъ быть принято за ученый педантизмъ. Что двѣ одинаковыхъ гири, связанныя шнуромъ, перекинутымъ черезъ блокъ, должны оставаться въ покоѣ въ любомъ положеніи, понятно каждому безъ доказательствъ; ни та, ни другая гиря не перевѣшиваетъ, а одинаковыя гири другъ друга уравновѣшиваютъ (см. рисунокъ на стр. 70). Дѣйствительно, это непремѣнно должно случиться; мы уже наблюдали разъ такое же равновѣсіе: на вѣсахъ мы произвели точно такой же опытъ, только въ нѣсколько измѣненной формѣ. Если равныя плечи коромысла, когда къ концамъ ихъ привѣшены одинаковыя гири, не поворачиваются на своей опорѣ, то не долженъ поворачиваться и блокъ. Гири на блокѣ не выходятъ изъ покоя при любомъ расположеніи ихъ, даже если одна виситъ выше другой,—это лишній разъ показываетъ, что въ предѣлахъ этой разницы высотъ сила тяжести дѣйствуетъ одинаково. Если-бъ можно было устроить такъ, чтобы одна гиря висѣла выше другой на километръ, то земля притягивала бы нижнюю гирю сильнѣе, чѣмъ верхнюю, и потому нижняя заставила бы верхнюю подыматься.

Иначе обстоитъ дѣло, если одинаковыя гири висятъ на шнурахъ, намотанныя на блоки различныхъ діаметровъ (см. рисунокъ на стр. 71), насаженные на общую ось и вращающіеся съ одинаковой скоростью. Тогда гиря, висящая на бо́льшемъ блокѣ, начнетъ опускаться; а веревка, на которой она виситъ, разматываться, но въ то же время веревка, надѣтая на меньшій блокъ, наматывается, а находящаяся на ней гиря подымается. Тутъ система блоковъ уже не находится въ равновѣсіи.

Одна изъ гирь подымается, а другая опускается; сила тяжести, приводящая ихъ въ движеніе, производитъ въ обоихъ случаяхъ работу, которая должна быть и для одной, и для другой гири одинакова. Въ предыдущей главѣ мы видѣли, что дѣйствія тяготѣнія на равныя массы, если только оно само не мѣняется, равны. Въ нашемъ опытѣ эти дѣйствія на первый взглядъ различны. Поднятіе гири, висящей на меньшемъ блокѣ, происходитъ медленнѣе, чѣмъ опусканіе другой. Мы видимъ, что такъ непремѣнно и должно быть, потому что діаметръ одного блока приблизительно въ 10 разъ больше діаметра другого, значитъ и между окружностями ихъ будетъ существовать то же отношеніе. Но за извѣстный промежутокъ времени оба блока обернутся лишь одинъ разъ. Длина веревки, смотавшейся съ одного блока, равна десятой долѣ веревки, смотавшейся съ другого. Мы часто употребляемъ и въ обыденной рѣчи, и какъ опредѣленіе физическаго понятія, такой оборотъ рѣчи: гиря, подымающая другую гирю, производитъ работу. Но въ видахъ расширенія понятія можно говорить о работѣ положительной и

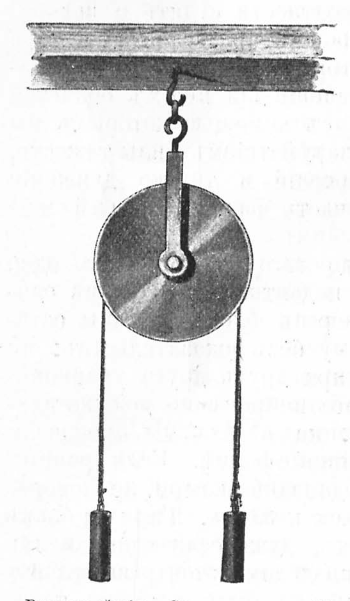
отрицательной. Гиря, подымающаяся вверхъ, производитъ работу отрицательную. Въ нашемъ случаѣ обѣ работы, положительная работа одной гири и отрицательная другой, казалось бы, должны быть другъ другу равны, потому что на обѣ гири дѣйствуетъ одна и та же притягательная сила. Пройденные гирями пути неодинаковы, а потому должно существовать нѣчто такое, что отличаетъ одну гирю отъ другой — это отличіе и сказывается въ неодинаковой способности обѣихъ гирь производить внѣшнюю работу. Если помѣстить подъ гирей, опускающейся внизъ, пружину, обладающую достаточной силой для того, чтобы остановить ея движеніе, то окажется, что этой силы мало для того, чтобы остановить болѣе медленное движеніе второй гири, подымающейся вверхъ. Чтобы узнать, во сколько разъ больше силы упругости пружины должна быть необходимая въ этомъ случаѣ сила противовѣса, надо увеличивать гирю, висящую на меньшемъ блокѣ до тѣхъ поръ, пока она не станетъ уравновѣшивать другую. И если одинъ блокъ въ 10 разъ больше другого, то, для указанной нами цѣли, понадобится и гиря въ 10 разъ большая. Меньшая гиря, будучи помѣщена на бо́льшемъ блокѣ, можетъ поднять и гирю въ соотвѣтственное число разъ бо́льшую. Работа этой **простой машины** равняется произведенію массы, на которую дѣйствуетъ сила, сама по себѣ постоянная, на путь, который проходитъ эта масса подъ вліяніемъ сказанной силы. Назовемъ работу черезъ E, массу—m, проходимый ею путь—s и мы всегда будемъ получать $E = ms$. Согласно тому, что было сказано въ предыдущемъ отдѣлѣ, дѣйствія силы притяженія на каждую частицу одинаковы, такъ что число этихъ частицъ представляетъ собой число единицъ, дѣйствующихъ на нихъ силъ, а потому вмѣсто массы можно подставить просто самую силу. Если впослѣдствіи мы найдемъ, что, кромѣ работы силы тяжести, и работа какой-нибудь другой силы укладывается въ эту формулу, то это намъ покажетъ, что эта сила на ту или другую массу по существу дѣйствуетъ такъ же, какъ сила тяжести.


Равновѣсіе. См. текстъ, стр. 69.

Нашу „простую машину“ мы можемъ упростить еще больше. Возьмемъ отъ каждаго изъ обоихъ блоковъ по радіусу и соединимъ ихъ въ одну прямую, выключимъ изъ прибора веревки, а гири будемъ прикрѣплять прямо къ концамъ обоихъ радіусовъ, и у насъ получится то, что называютъ **рычагомъ** (см. рисунокъ на стр. 71). На основаніи раньше сказаннаго мы заключаемъ, что рычагъ придетъ въ положеніе равновѣсія, когда одно плечо будетъ нагружено во столько разъ больше другого, во сколько разъ это плечо короче второго. Тягу, производимую здѣсь притяженіемъ земли, мы можемъ замѣнить любой другой силой, напримѣръ, своей мускульной силой; ею мы пользуемся, напримѣръ, при работѣ ломомъ (см. рисунокъ на стр. 72). Тотъ конецъ лома, на который мы дѣйствуемъ силой мускуловъ или налегаемъ тяжестью тѣла, гораздо дальше отъ точки опоры его, то есть отъ той точки, вокругъ которой онъ поворачивается, чѣмъ другой конецъ его, которымъ взламываемъ. Этимъ путемъ мы усиливаемъ дѣйствіе нашего тѣла во много разъ.

На принципѣ рычага основано устройство **безмѣна** съ подвижной гирей (стр. 73). Гиря одна и та же, а уравновѣшиваютъ ее различныя тяжести; она виситъ на концѣ плеча, длину котораго каждый разъ соотвѣтственнымъ образомъ подгоняютъ; эту длину можно прочесть по дѣленіямъ, нанесеннымъ на одной сторонѣ коромысла, и это число сразу даетъ вѣсъ груза, находящагося на другомъ плечѣ, длина котораго неизмѣнна.

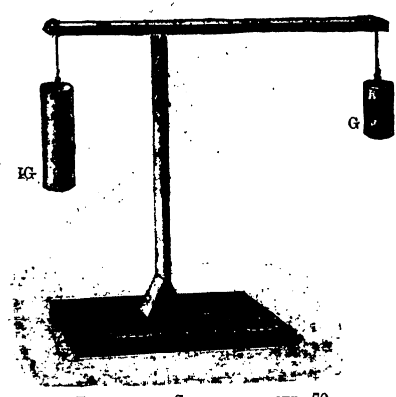
Примѣненія рычага такъ многообразны, что намъ приходится пользоваться



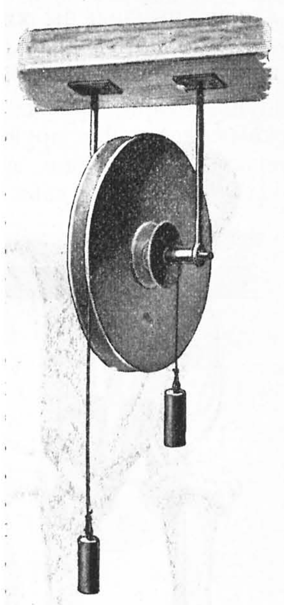
Равновѣсіе. См. текстъ, стр. 69.

имъ на каждомъ шагу. Каждая дверная ручка, каждая рукоятка, которой мы приводимъ что-нибудь во вращеніе, дѣйствуетъ по закону рычага: жатвенныя машины и щипцы для орѣховъ — это такъ называемые одноплечіе рычаги. Какъ рычаги, дѣйствуютъ колеса въ нашихъ карманныхъ часахъ. Свойствами рычага пользуется мальчикъ, который катается на доскѣ (см. рисунокъ на стр. 74) одинъ; противовѣсомъ ему служитъ вѣсъ никѣмъ не занятой части доски, то есть вѣсъ длиннаго плеча рычага. На томъ же принципѣ построенъ приборъ, который по внѣшнему виду на рычагъ совсѣмъ не похожъ. Мы говоримъ о полиспастѣ (стр. 75). Въ этомъ приборѣ веревка проходитъ по четному числу блоковъ; половина блоковъ неподвижна, на другой половинѣ виситъ грузъ. Мы не будемъ описывать устройства прибора — оно извѣстно. Чтобы поднять подвижные блоки на извѣстную высоту, надо, очевидно, оттянуть свободный конецъ веревки на такую длину, на какую должна она передвинуться по блокамъ; длина всей веревки увеличивается какъ разъ на столько. Ровно во столько же разъ мы облегчимъ работу въ единицу времени нашимъ мускуламъ, а, стало быть, при равныхъ напряженіяхъ безъ полиспаста и съ нимъ, на немъ можемъ поднять тяжесть въ столько же разъ большую. Конечно, на это и времени понадобится больше, но полное напряженіе, то есть работа, необходимая для поднятія тяжести, то же, что и раньше. Чтобы получить точное математическое выраженіе работы, помножимъ найденную раньше сумму дѣйствующихъ единицъ силъ mk на число единицъ затрачиваемаго на выполненіе работы времени t; работа выразится формулой $E = mkt$ или $E : t = mk$. Если рѣчь идетъ о работѣ силъ тяжести, то задавъ массу тѣла, мы тѣмъ самымъ задали число единицъ силъ; k въ этомъ случаѣ равно 1, и его можно опустить. Если отъ насъ требуется силой нашихъ мускуловъ выполнить опредѣленную работу, напримѣръ, поднять тяжесть на опредѣленную высоту, то величина мускульной силы k, масса тѣла, которую надо поднять, и работа, въ данномъ случаѣ подъемъ на извѣстную высоту, заданы. Часто бываетъ такъ, что постоянная mk слишкомъ велика, другими словами, масса m настолько значительна, что однѣми своими силами мы поднять ее не можемъ. Такія простыя машины, какъ полиспастъ, позволяютъ намъ измѣнять t, время, затрачиваемое на работу. Раздѣливъ лѣвую часть нашего уравненія на t и увеличивая t, мы можемъ сдѣлать ее какъ угодно малой. Эти машины позволяютъ намъ подымать своими слабыми мускулами любую тяжесть на любую высоту (см. рисунокъ на стр. 75). На этомъ измѣненіи величинъ множителей приведеннаго выше уравненія основывается устройство и дѣйствіе прочихъ машинъ. Но если имѣютъ въ виду быстроту выполненія работы, а это въ нашъ торопливый вѣкъ по большей части и требуется, то величина t должна быть настолько мала, насколько это возможно; тогда лѣвая часть нашего уравненія возрастаетъ въ такой же мѣрѣ. Если задана масса, стоящая въ правой части уравненія, надъ которой должна быть произведена работа, то придется увеличить k, то есть силу. Кромѣ нашихъ мускуловъ, есть и другія силы въ природѣ; устраиваютъ паровыя ма-

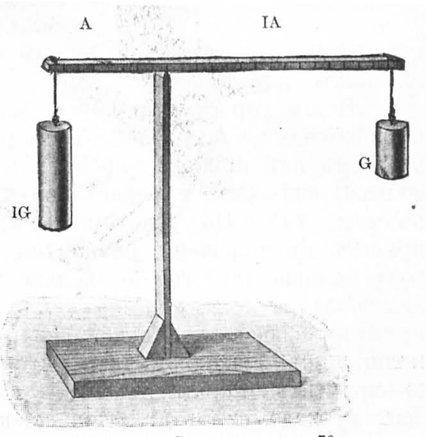
Гири на блокахъ различныхъ діаметровъ. См. текстъ, стр. 69.



Рычагъ. См. текстъ, стр. 70.



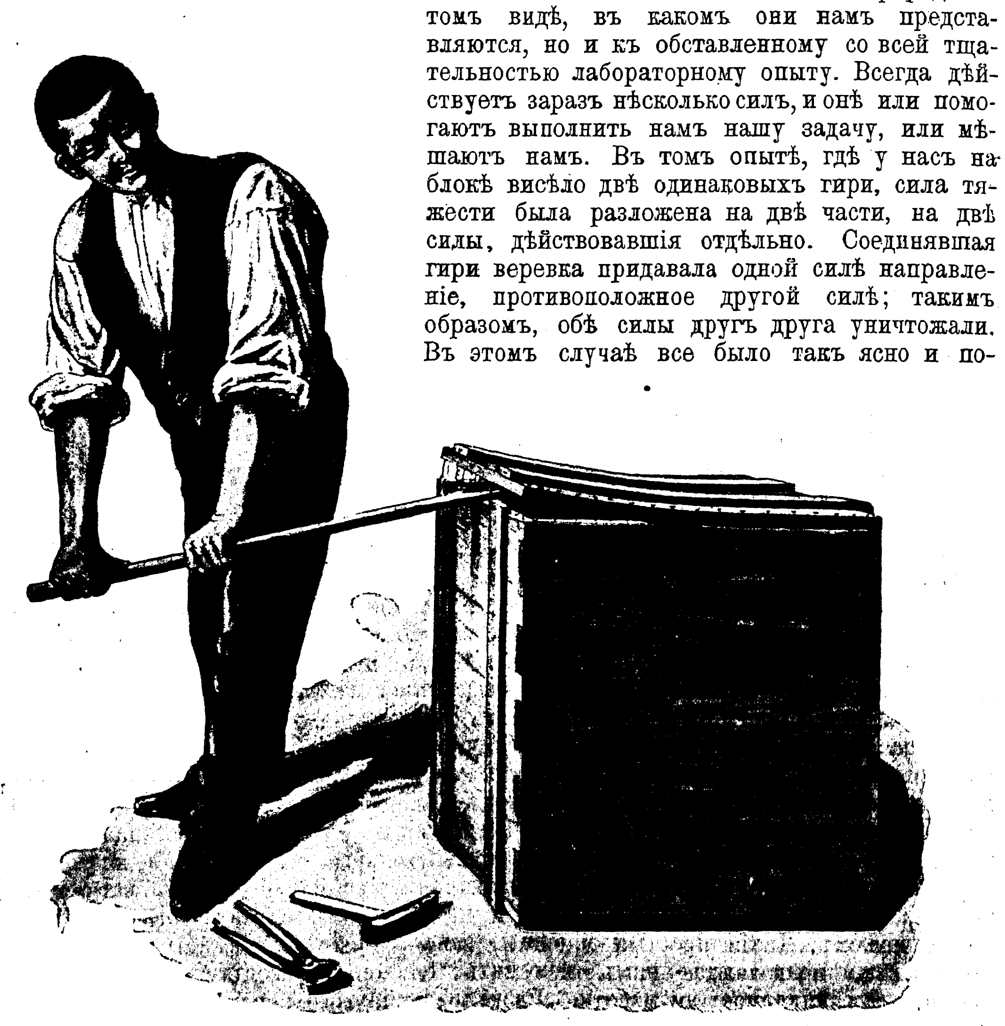
Гири на блокахъ различныхъ діаметровъ. См. текстъ, стр. 69.



Рычагъ. См. текстъ, стр. 70.

шины и т. п. Въ другихъ случаяхъ требуется не столько выполнить подъемъ тяжести, сколько произвести самое перемѣщеніе возможно быстрѣе; тутъ можно измѣнить m. Для того, чтобы машина дѣйствовала въ этомъ смыслѣ какъ можно лучше, мы должны уменьшить ея нагрузку, насколько только это возможно.

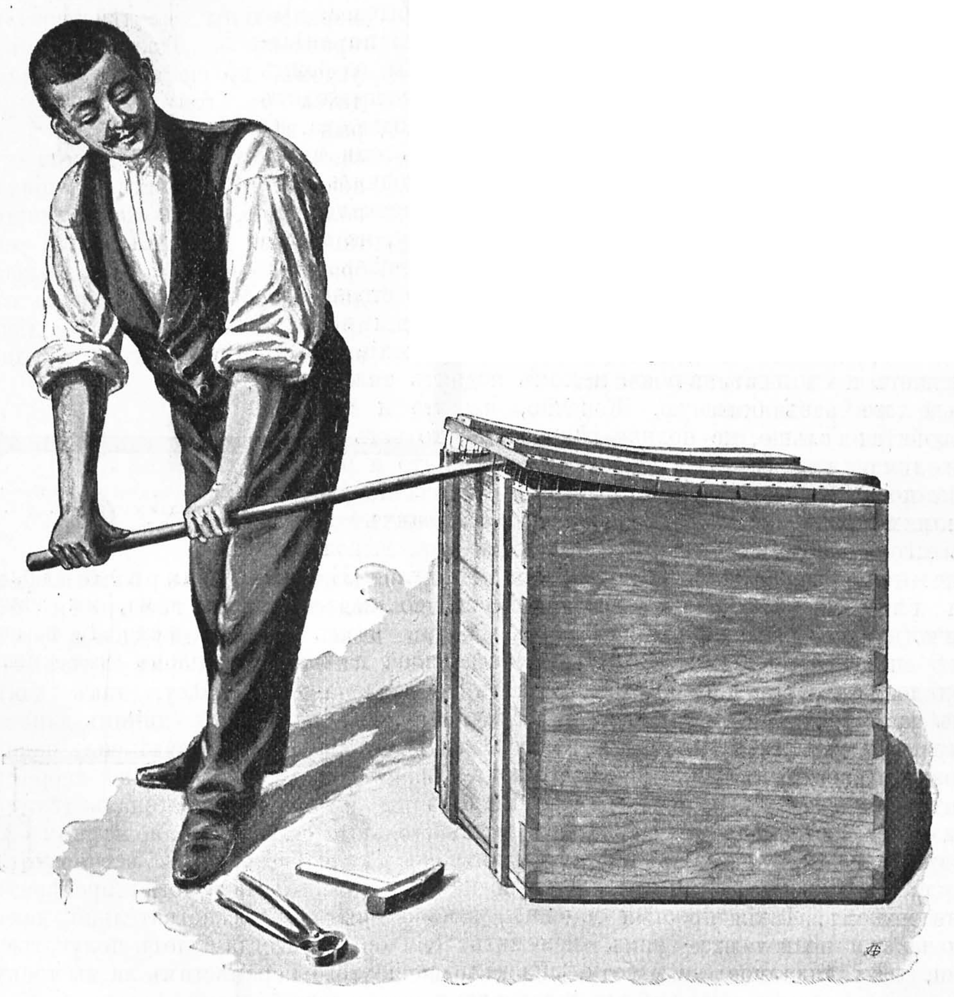
Но имѣть дѣло съ одной силой приходится рѣдко. Строго говоря, этого никогда не бываетъ. Замѣчаніе это относится не только къ явленіямъ природы въ томъ видѣ, въ какомъ они намъ представляются, но и къ обставленному со всей тщательностью лабораторному опыту. Всегда дѣйствуетъ заразъ нѣсколько силъ, и онѣ или помогаютъ выполнить намъ нашу задачу, или мѣшаютъ намъ. Въ томъ опытѣ, гдѣ у насъ на блокѣ висѣло двѣ одинаковыхъ гири, сила тяжести была разложена на двѣ части, на двѣ силы, дѣйствовавшія отдѣльно. Соединявшая гири веревка придавала одной силѣ направленіе, противоположное другой силѣ; такимъ образомъ, обѣ силы другъ друга уничтожали. Въ этомъ случаѣ все было такъ ясно и по-



Дѣйствіе рычага. См. текстъ, стр. 70.

нятно лишь благодаря тому, что взаимно противоположныя силы дѣйствовали по прямымъ параллельнымъ. Но не всегда условія бываютъ такъ просты. Поэтому надо умѣть дѣйствіе совокупности силъ разлагать на части, по крайней мѣрѣ, мысленно; надо умѣть находить общее дѣйствіе заданныхъ отдѣльныхъ силъ. Это дѣло первостепенной важности.

Возмемъ два блока, перекинемъ черезъ нихъ веревку и къ концамъ ея прикрѣпимъ по гирѣ. (См. рисунокъ на стр. 76). Если гири одинакія, то эта система, какъ мы знаемъ, должна оставаться въ покоѣ. Пусть одна гиря вѣситъ три единицы вѣса, а другая четыре; первая будетъ тянуть вверхъ съ силой $4-3=1$. Теперь помѣстимъ на веревкѣ между блоками еще третью гирю, вѣсъ которой больше разности вѣсовъ первыхъ двухъ гирь, но меньше ихъ суммы; пусть она вѣситъ пять единицъ. Будемъ называть эти гири просто

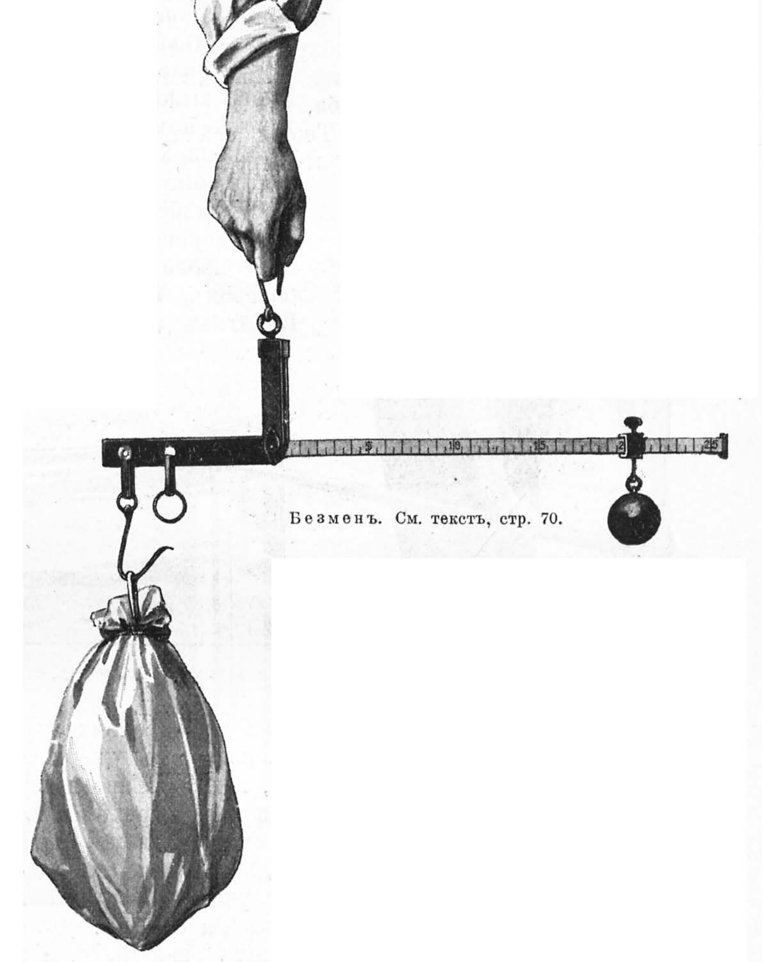


Дѣйствіе рычага. См. текстъ, стр. 70.

числами 3, 4, 5. Такъ какъ 5 вѣситъ больше, чѣмъ каждая изъ двухъ другихъ гирь, то заставляетъ ихъ подыматься вверхъ, и потому между блоками веревка перегибается. Гири, или, проще говоря, силы 3 и 4 передаютъ свое дѣйствіе силѣ 5, подъ угломъ къ ней, по идущей наискось веревкѣ. Теперь мы наблюдаемъ равновѣсіе, то есть при нѣкоторомъ опредѣленномъ положеніи гирь, движеніе прекращается. Совмѣстное дѣйствіе 3 и 4, которое больше 5, вовсе не будетъ подымать эту гирю все дальше и дальше, какъ это было бы, если-бъ эти силы были параллельны и дѣйствовали въ сторону, обратную той, куда направлено 5. Такъ какъ въ нашемъ случаѣ они дѣйствуютъ подъ угломъ, то часть ихъ силы при этомъ теряется. Потеря сводится къ тому, что сумма обѣихъ уменьшенныхъ силъ, которыя дѣйствуютъ въ точкѣ 0, мѣстѣ соединенія трехъ нитей, равна силѣ 5, которая дѣйствуетъ отвѣсно, иначе не было бы и равновѣсія. Въ самихъ, идущихъ наискось, нитяхъ силы дѣйствуютъ полностью, такъ какъ ничего въ нихъ не теряется. Каждая гиря тянетъ за нить съ силой ей соотвѣтствующей. Мы можемъ изобразить эти силы, откладывая длины путей, на которыя онѣ передвинули бы единицу массы въ единицу времени, если бы никакія другія силы на нее не дѣйствовали. Сдѣлаемъ это; отложимъ на нити, идущей къ 3, 3 единицы длины, а на нити, идущей къ 4, — 4 такихъ единицы.

Безменъ. См. текстъ, стр. 70.

Согласно **правилу параллелограмма силъ**, къ которому мы теперь пришли, **діагональ параллелограмма, построеннаго на отложенныхъ по направленіямъ силъ длинахъ, представляетъ въ точности по величинѣ и направленію силу, получающуюся отъ соединенія обѣихъ силъ.** Въ нашемъ случаѣ діагональ должна быть направлена по отвѣсу, такъ какъ 5 отвѣсна и должна содержать въ себѣ 5 единицъ длины. Для взятыхъ нами чиселъ сумма квадратовъ двухъ силъ равна квадрату равнодѣйствующей силы ($3^2+4^2=5^2$); по теоремѣ Пиѳагора, оба треугольника, на которые діагональ дѣлитъ параллелограммъ, прямоугольные; самъ параллелограммъ — прямоугольникъ, обѣ наискось идущія нити встрѣчаются подъ прямымъ угломъ. Въ этомъ случаѣ легко провѣрить теоретическое разсужденіе опытомъ. Дѣйствительно, какъ бы мы ни измѣняли условія опыта, всегда будетъ получаться прямой уголъ: поставимъ ли мы одинъ блокъ выше другого, перемѣстимъ ли мы точку приложенія равнодѣйствующей въ любое мѣсто нити между блоками — уголъ будетъ тотъ же. Но соотношеніе между силами должно оставаться неизмѣннымъ 3 : 4 : 5. Если бы между ними было другое соотношеніе, то и уголъ, правда, вполнѣ опредѣленный, получился бы другой; его также можно было бы тотчасъ построить по правилу параллелограмма силъ. Если гиря, которую мы помѣщаемъ между блоками, будетъ тяжела, то, конечно, и нить она оттянетъ больше, и образующійся уголъ будетъ острѣе. Предположимъ, что такая гиря вѣситъ 6 единицъ, а остальныя попрежнему 3 и 4. Вопросъ сводится къ рѣшенію вполнѣ опредѣленной геометрической задачи. Надо по тремъ сторонамъ 3, 4 и 6 построить треугольникъ и найти уголъ, лежащій противъ большей стороны. Въ нашемъ случаѣ тригонометрически вычисленный уголъ равняется 117,3°. Дополненіе этого угла до 180° есть искомый уголъ, въ вершинѣ котораго находятся точки приложенія всѣхъ трехъ силъ. Мы находимъ, что этотъ уголъ равенъ 62,7°. Опытъ снова вполнѣ подтверждаетъ теорію.



Безменъ. См. текстъ, стр. 70.

И если въ этомъ и въ другихъ случаяхъ опыты, которымъ мы будемъ придавать самыя разнообразныя формы, даютъ въ предѣлахъ неизбѣжныхъ ошибокъ наблюденія какъ разъ то, что предвычислено нами на основаніи простого предположенія, то такое предположеніе получаетъ названіе закона. Мы въ правѣ думать, что этотъ законъ въ границахъ, доступныхъ нашему разуму, сохраняетъ свое значеніе вполнѣ. Разъ такой законъ на основаніи вычисленій или построенія выведенъ, исходя изъ него, мы можемъ, не производя опыта, предсказать, что должно произойти въ томъ или другомъ частномъ случаѣ. Такъ какъ въ физическихъ изслѣдованіяхъ приходится прибѣгать къ такимъ заключеніямъ не разъ, мы постараемся выяснить это на нашемъ примѣрѣ съ тремя гирями.

Прежде всего спросимъ себя, что произойдетъ, если мы будемъ произвольно увеличивать вѣсъ одной гири. Теорія сейчасъ же отвѣтитъ, что такое увеличеніе возможно лишь до извѣстнаго предѣла, если требуется, чтобы равновѣсіе

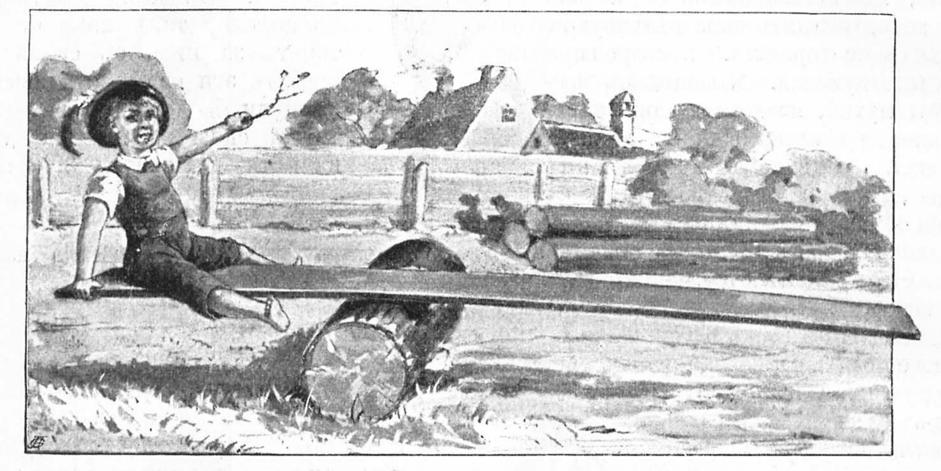


Качели. Примѣненіе рычага. См. текстъ, стр. 71.

сохранялось. Если средняя гиря равна суммѣ обѣихъ другихъ гирь (3 : 4 : 7), то, по такимъ даннымъ, треугольника построить уже нельзя; строго говоря, это тотъ предѣльный случай, когда уголъ, лежащій противъ большей стороны равенъ двумъ прямымъ. Уголъ у точки приложенія трехъ силъ равенъ поэтому нулю, и нити, идущія ко всѣмъ тремъ гирямъ, должны быть параллельны. Отсюда вытекаетъ, что гири 3 и 4, которыя дѣйствуютъ по одному и тому же направленію, уравновѣшиваютъ 7. Этотъ случай былъ у насъ въ нашемъ первомъ и самомъ простомъ примѣрѣ, описанномъ на стр. 69. Самая незначительная прибавка къ той или другой гирѣ нарушитъ равновѣсіе, и нить начнетъ спускаться съ блока на соотвѣтственной сторонѣ.

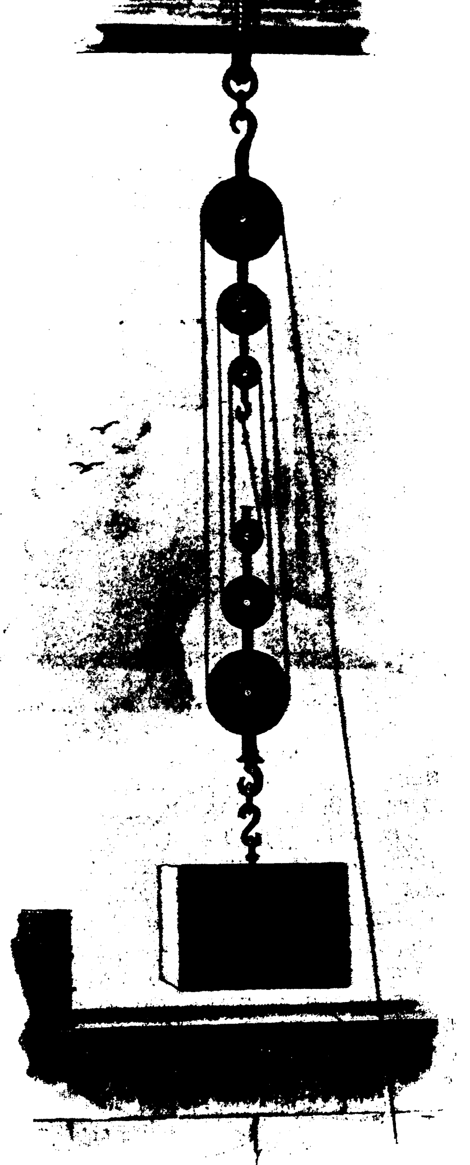
То же геометрическое соотношеніе будетъ очевидно и тогда, когда средняя гиря будетъ равна разности двухъ другихъ, такъ какъ и въ этомъ случаѣ сумма двухъ сторонъ продолговатаго треугольника равна третьей сторонѣ. Такъ что есть еще и другое предѣльное положеніе. Для полученія его, въ нашемъ примѣрѣ надо повѣсить между блоками гирю 1. Такъ какъ по числамъ 3, 4 и 1 построить треугольника нельзя, то гиря 1 сгиба нити не произведетъ, что на первый взглядъ даже можетъ показаться страннымъ. Но эта гиря 1 мѣшаетъ движенію всей системы, такъ какъ при этомъ должно существовать равновѣсіе; когда же мы уберемъ гирю 1, находящуюся между блоками, то, конечно, нить будетъ двигаться по направленію къ гирѣ 4.

Эти опытныя опредѣленія положеній равновѣсія, при тѣхъ или другихъ условіяхъ, имѣли ту выгодную для изученія сторону, что сами условія не измѣнялись. Но законъ параллелограмма силъ можетъ быть приложенъ съ полнымъ правомъ и къ случаямъ движенія. (См. чертежъ на стр. 77).



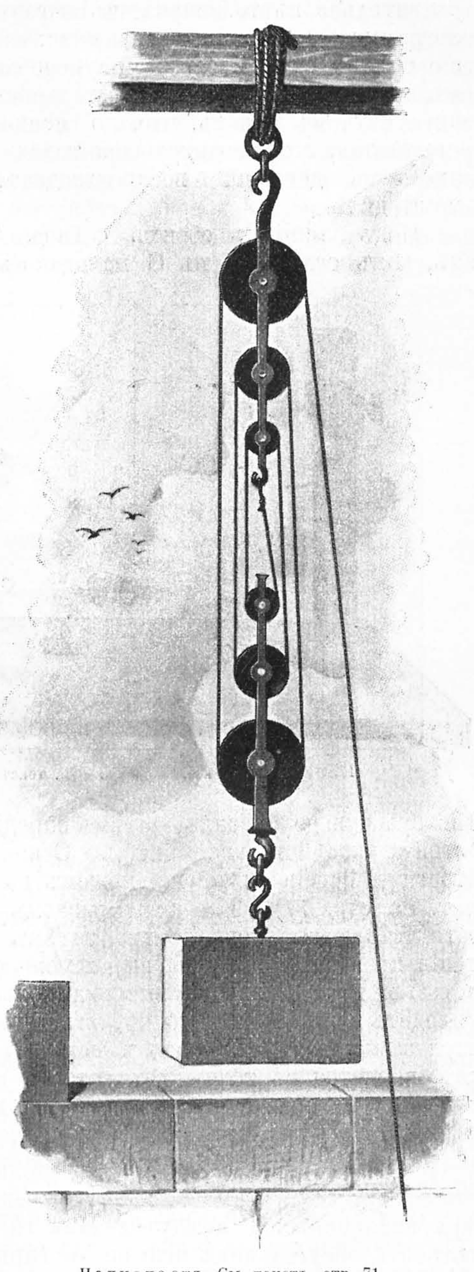
Качели. Примѣненіе рычага. См. текстъ, стр. 71.

Предположимъ, что на какое-нибудь тѣло дѣйствуютъ два солнца, находящіяся отъ него на очень значительномъ разстояніи (такое разстояніе выбрано потому, что тогда мы сможемъ въ своемъ разсужденіи считать притягательныя дѣйствія обоихъ тѣлъ постоянными, какъ это имѣетъ мѣсто при неизмѣняющихся разстояніяхъ). Пусть обѣ притягательныхъ силы образуютъ уголъ въ 60^0, отношеніе ихъ равно 3 : 5; тогда тѣло, получивъ возможность перемѣщаться, не направится ни къ тому, ни къ другому солнцу, а пойдетъ между ними, и этотъ путь можно будетъ сейчасъ же опредѣлить при помощи нашего параллелограмма силъ. Съ этой цѣлью, мы опять построимъ треугольникъ, въ которомъ двѣ стороны равны 3 и 5, а уголъ, заключенный между ними $180^0 - 60^0 = 120$. Остальные два угла выразятся въ градусахъ въ круглыхъ числахъ 22^0 и 38^0; третья же сторона, то есть діагональ параллелограмма, равна 7. Наше тѣло держится ближе къ тѣлу, обладающему большей силой; путь тѣла наклоненъ къ прямой, идущей отъ него къ этому солнцу подъ угломъ 22^0. Скорость его полета въ небесномъ пространствѣ на единицу меньше той, которую ему сообщила бы сумма силъ обоихъ солнцъ, дѣйствующихъ теперь на него подъ угломъ. Она равна 7 принятымъ нами единицамъ. Тѣло находится тутъ въ такихъ условіяхъ, какъ будто на него, вмѣсто двухъ солнцъ съ притягательными силами 3 и 5, дѣйствуетъ по опредѣленному нами между ними направленію одна сила 7.



Полиспастъ. См. текстъ, стр. 71.

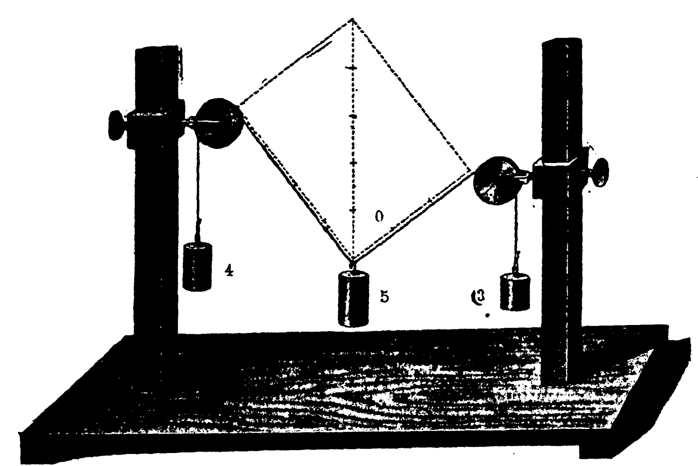
Обсудивъ всѣ обстоятельства, можно понять и безъ нашего опыта съ тремя гирями, что долженъ былъ получиться именно этотъ результатъ. Назовемъ эти два солнца, притягивающія тѣло, A и B. A, взятое само по себѣ, каждую секунду передвигаетъ тѣло въ направленіи своего дѣйствія на три единицы. Если предположить, что дѣйствіе совершалось толчками, такимъ образомъ, что въ первую секунду тѣло перемѣстилось на шесть единицъ, а во вторую вовсе не двигалось, въ третью секунду снова на шесть единицъ и т. д., то результатъ, очевидно, получится тотъ же самый. Пусть и второе солнце B дѣйствуетъ точно такимъ же образомъ, съ тою разницей, что въ первую секунду оно вовсе не дѣйствуетъ, а во вторую передвигаетъ тѣло по направленію къ себѣ на 10 единицъ. Итакъ, въ первую секунду тѣло двигается отъ 0 къ a, во вторую A не оказываетъ на него никакого вліянія, но оно притягивается солнцемъ B и движется отъ a къ b. Мы предположили, что оба солнца находятся на безконечно



Полиспастъ. См. текстъ, стр. 71.

большомъ разстояніи отъ тѣла, а потому прямая, параллельная OB и проходящая черезъ b, пройдетъ непремѣнно и черезъ B; показать это непосредственно на чертежѣ не удается. По истеченіи двухъ секундъ тѣло, стало быть, находится дѣйствительно въ той точкѣ, въ которую оно можетъ придти по діагонали параллелограмма, построеннаго на обоихъ отрѣзкахъ; такъ будетъ проявляться дѣйствіе обѣихъ силъ въ ближайшую и слѣдующія за ней пары секундъ. Упомянемъ вскользь, хотя для доказательности нашихъ разсужденій это никакого значенія имѣть не можетъ, что, по новѣйшимъ воззрѣніямъ на силы природы, эта прерывчатая, возобновляющаяся толчками дѣятельность силъ на мельчайшихъ элементахъ движенія воспроизводитъ, повидимому, то, что происходитъ на самомъ дѣлѣ.

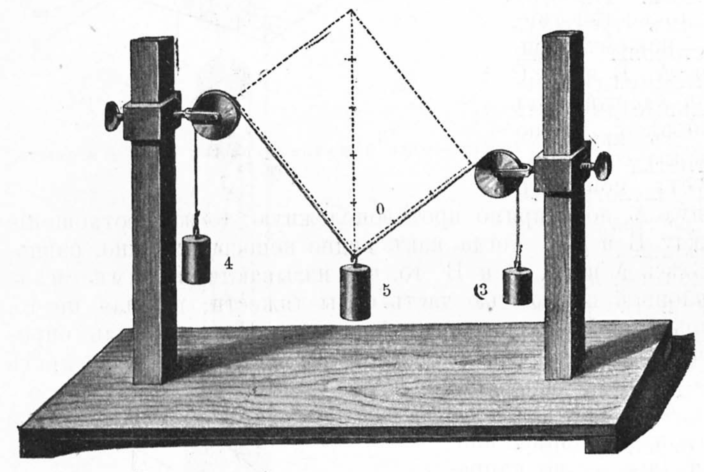
Подъ вліяніемъ обоихъ солнцъ A и B наше тѣло движется совершенно такъ, какъ если бы въ C находилось третье тѣло, обладающее силой 7. Въ самомъ дѣлѣ, солнце такой силы, помѣщенное въ направленіи прямо противоположномъ (—C), будетъ уничтожать дѣйствіе первыхъ двухъ солнцъ совершенно: тѣло не будетъ двигаться совсѣмъ, будетъ находиться въ состояніи равновѣсія.



Параллелограммъ силъ. См. текстъ, стр. 72.

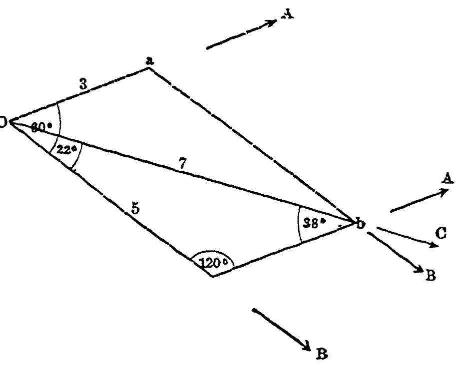
По способу, который мы описали, можно сложить сколько угодно силъ, дѣйствующихъ на одно тѣло или, какъ обыкновенно выражаются, можно найти равнодѣйствующую всѣхъ этихъ силъ. Сначала находимъ равнодѣйствующую двухъ силъ, затѣмъ опредѣляемъ дѣйствіе какой-нибудь третьей силы и этой равнодѣйствующей и т. д. Основываясь на нашемъ предположеніи о прерывчатости дѣйствія силъ, мы можемъ выполнить такое построеніе очень легко (см. черт. на стр. 77). Мы откладываемъ прямую, по величинѣ и по направленію соотвѣтствующую первой силѣ, затѣмъ изъ конца ея въ надлежащемъ направленіи проводимъ прямую, выражающую вторую силу, къ ней причерчиваемъ третью и т. д. Получается многоугольникъ ABCDEF. Если этотъ рядъ прямыхъ приведетъ насъ къ той точкѣ, изъ которой мы вышли, то есть, если у насъ получится замкнутая фигура, то и тѣло, находясь подъ дѣйствіемъ всей совокупности силъ, вернется въ точку, изъ которой вышло, иначе, будетъ въ равновѣсіи. Но если фигура незакончена, то прямая, которая ее замыкаетъ, на нашемъ чертежѣ FA, представляетъ изъ себя по величинѣ и направленію равнодѣйствующую всѣхъ силъ. Фигуру эту называютъ **статическимъ многоугольникомъ** движущагося тѣла.

При уясненіи многихъ физическихъ процессовъ и въ практическихъ вопросахъ, относящихся ко всякаго рода сооруженіямъ, очень важно умѣть рѣшить не только вопросъ о дѣйствіи совокупности силъ на какое-нибудь тѣло, но и обратную задачу: надо умѣть по заданнымъ условіямъ разложить имѣющуюся у насъ силу на двѣ или нѣсколько частей; дѣйствіе данной силы замѣняется дѣйствіемъ нѣсколькихъ силъ. Тогда говорятъ, что мы разложили силу на ея **слагающія**. На практикѣ, такое разложеніе требуется особенно часто потому, что нѣкоторая часть силы вслѣдствіе противодѣйствія другой силы совершенно исчезаетъ; такъ что мы видимъ и вводимъ въ вычисленія только другую часть. Положимъ, что внизъ по наклонной плоскости катится подвижной блокъ; намъ при этомъ пред-

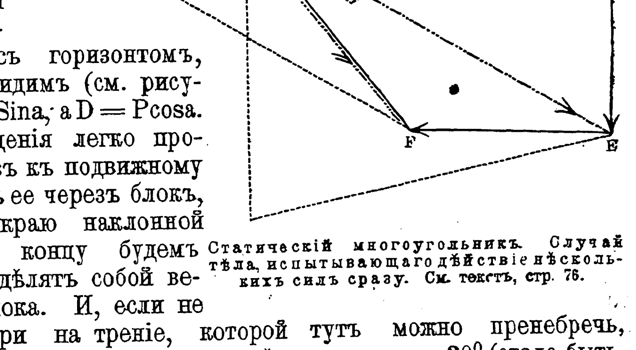


Параллелограммъ силъ. См. текстъ, стр. 72.

ставляется, что его тянетъ одна сила, которая направлена параллельно этой плоскости. На самомъ же дѣлѣ это только часть первоначальной, тянущей въ дѣйствительности внизъ силы тяжести, но выполненіе этой тяги по отвѣсу встрѣчаетъ непреодолимое препятствіе въ поверхности наклонной плоскости. На основаніи того, что было сказано раньше, легко понять, что происходитъ въ этомъ случаѣ. Если у насъ есть двѣ силы и онѣ замѣнены одной, дѣйствующей по діагонали параллелограмма или, возвращаясь къ предыдущему примѣру, если дѣйствіе двухъ солнцъ, равно дѣйствію вычисленнаго нами третьяго, то обратно, мы можемъ вычислить по величинѣ и направленію силы два или любое число солнцъ, которыя, слагаясь по правилу параллелограмма силъ, произведутъ то же дѣйствіе, что и одно данное. Въ нашемъ примѣрѣ съ тремя солнцами A, B и — C (стр. 76), которыя сообща удерживаютъ тѣло O въ положеніи равновѣсія, можно было бы разложить—C на два солнца A′ и B′, причемъ A′ слѣдуетъ понимать какъ силу, совершенно равную A, но ей прямо противоположную; то же соотношеніе должно существовать и между B и B′. Тогда, какъ видно непосредственно, равновѣсіе должно наступить. Здѣсь A и A′, B и B′ то, что называютъ **парами силъ**. Въ нашемъ случаѣ съ наклонной плоскостью часть силы тяжести, идущая на то, чтобы прижимать подвижной блокъ къ плоскости, теряется. Поэтому, для опредѣленія величины второй части ея, мы должны разложить вѣсъ блока P, то есть силу, съ какой онъ давилъ бы на чашку вѣсовъ, на двѣ слагающихъ; одна изъ нихъ давленіе D, перпендикулярное къ наклонной плоскости, другая Z искомая тяга — по направленію, параллельному плоскости. Такимъ образомъ сила P есть діагональ прямоугольника, стороны котораго D, Z, а статическій многоугольникъ представляется въ данномъ случаѣ прямоугольнымъ треугольникомъ съ этими сторонами. Если уголъ, образуемый этой плоскостью съ горизонтомъ, равенъ a, то мы тотчасъ увидимъ (см. рисунокъ на стр. 78), что $Z = P \sin a$, а $D = P \cos a$. Справедливость этого утвержденія легко провѣрить опытомъ. Прикрѣпивъ къ подвижному блоку веревку, перебрасываемъ ее черезъ блокъ, помѣщенный на верхнемъ краю наклонной плоскости, а къ другому концу будемъ привѣшивать гири; онѣ опредѣлятъ собой величину тяги подвижного блока. И, если не принять въ разсчетъ потери на треніе, которой тутъ можно пренебречь, то получимъ какъ разъ величину Z. Если, напримѣръ, уголъ $a = 30^0$ (стало быть, синусъ его $^1/_2$) и вѣсъ подвижного блока равенъ 10 кгр., то для того, чтобы остановить его на другомъ концѣ веревки, придется привѣсить лишь 5 кгр.



Построеніе параллелограмма силъ. См. текстъ, стр. 74.

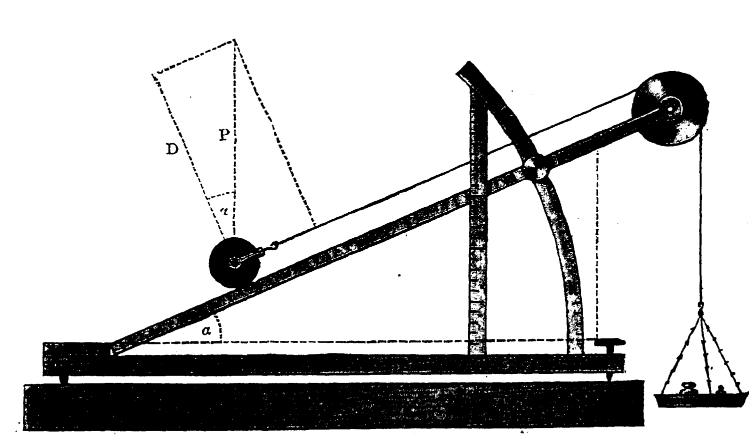


Статическій многоугольникъ. Случай тѣла, испытывающаго дѣйствіе нѣсколькихъ силъ сразу. См. текстъ, стр. 76.

Пользуясь тѣмъ, что мы узнали, мы сумѣемъ разложить силу въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ на слагающія произвольныхъ направленій.

Первымъ воспользовался свойствами наклонной плоскости **Галилей**: онъ же-

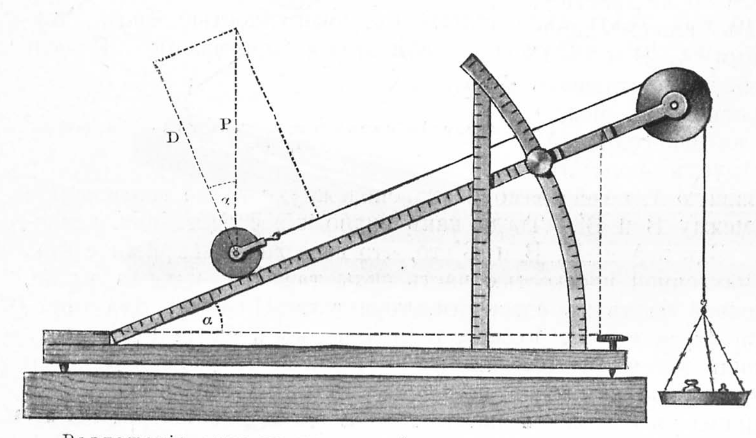
лалъ поставить изученіе законовъ паденія въ болѣе выгодныя условія, чѣмъ при свободномъ паденіи тѣлъ. Онъ устроилъ для паденія тѣлъ желобъ, какой изображенъ у насъ на стр. 79; одну часть желоба можно было превратить въ наклонную плоскость съ тѣмъ или другимъ угломъ наклона, другая же часть оставалась горизонтальной. Шарикъ скатывался по наклонной плоскости и потомъ продолжалъ свой путь по горизонтальной части желоба. Скорость, съ какой шарикъ начинаетъ катиться по наклонной плоскости зависитъ отъ величины только-что опредѣленной нами движущей силы. Поэтому мы можемъ уменьшить эту скорость, по сравненію со скоростью при свободномъ паденіи, придавъ углу a величину сколь угодно малую. Ускореніе же силы тяжести слѣдуетъ здѣсь тому же закону, что и при свободномъ паденіи. Чѣмъ выше та точка наклонной плоскости, отъ которой движеніе шарика начинается, тѣмъ больше будетъ скорость, съ какой она придетъ въ самую низшую точку; на горизонтальной части желоба эта скорость измѣненій не претерпѣваетъ, и ее здѣсь легко измѣрить по прикрѣпленной сбоку желоба линейкѣ съ дѣленіями. На этомъ простомъ приборѣ можно провѣрить всѣ законы паденія и, если извѣстенъ уголъ наклона къ горизонту наклонной плоскости, то можно получить даже довольно сносное значеніе для постоянной тяготѣнія g. Мы найдемъ, для того случая, когда этотъ уголъ равенъ 3^0 и шарикъ былъ пущенъ по наклонной плоскости на разстояніи $1/4$ м. отъ мѣста сгиба желоба, что шарикъ по горизонтальной части его движется со скоростью $1/2$ м. въ секунду. Такимъ образомъ, путь, пройденный тѣломъ въ первую секунду $= 0{,}25$ м., а конечная скорость его въ два раза больше, что вполнѣ согласно съ теоріей (см. стр. 51). Эти наблюденія даютъ $g = 0{,}5 : \sin 3^0$. Синусъ 3^0 равенъ приблизительно $\frac{1}{19}$, а потому мы получимъ $g = 19 : 2 = 9{,}5$ м., что, съ грубымъ приближеніемъ, вѣрно. На этомъ же приборѣ можно показать пропорціональность прироста скорости—времени, независимость длинъ путей, проходимыхъ тѣлами, отъ ихъ вѣса, или, что здѣсь безразлично, массы и т. д.



Разложеніе силъ на наклонной плоскости. См. текстъ, стр. 76.

Принципомъ наклонной плоскости постоянно пользуются въ техникѣ и въ обиходѣ въ видѣ **винта** и **клина**. Ихъ теорію можно вывести изъ извѣстныхъ уже намъ положеній; намъ можетъ помочь въ этомъ нашъ рисунокъ на стр. 80. Сворачивая клинъ, получаемъ винтъ — это видно прямо (см. стр. 81).

Во всѣхъ предшествовавшихъ разсужденіяхъ мы, не оговариваясь, принимали тѣло, приводимое силой въ движеніе, за точку. Если мы говоримъ объ одной силѣ, которая увлекаетъ гирю внизъ, то она можетъ быть приложена только къ одной ея точкѣ. Но если эта сила дѣйствуетъ на всѣ части гири, которая должна быть притянута внизъ, такъ какъ онѣ между собою связаны, то является вопросъ, какъ же эта сила распредѣляется по тѣлу во время наблюдаемаго нами дѣйствія. Мы зададимъ себѣ обратный вопросъ: какое дѣйствіе на тѣло опредѣленной массы и размѣровъ производитъ одна или нѣсколько приложенныхъ къ нему силъ и какъ представится общее движеніе связанныхъ между собой частей его. Въ рѣшеніи такихъ вопросовъ и состоитъ истинное назначеніе физики, въ томъ смыслѣ слова, въ какомъ мы его понимаемъ. Физика должна

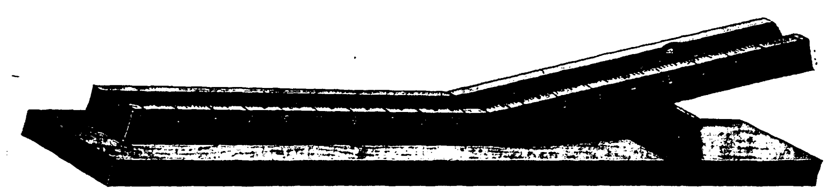


Разложенiе силъ на наклонной плоскости. См. текстъ, стр. 76.

заниматься тѣмъ, что есть въ дѣйствительности, а не абстракціями, существующими только у насъ въ умѣ; абстрактны и эти не имѣющія тѣла точки: онѣ должны стать снова тѣлами; только тогда можно будетъ начать наблюдать ихъ движенія и выводить изъ нихъ законы дѣйствія силъ.

Что касается силы тяжести, то, по крайней мѣрѣ, на поверхности земли условія, въ которыхъ она дѣйствуетъ, къ счастью, очень просты. Такъ какъ тяжесть дѣйствуетъ на любую частицу тѣла произвольнаго вида и состава, какъ на всякую другую, то путь, описываемый одной изъ такихъ частицъ, долженъ быть въ точности такимъ, какой проходитъ другая. Слѣдовательно, можно было бы расколоть тѣло на части произвольнаго вида, сложить ихъ, и при свободномъ паденіи онѣ не должны были бы дать просвѣта. Если мы подобнаго явленія не наблюдаемъ, то это объясняется только сопротивленіемъ воздуха, который на тѣла бóльшаго удѣльнаго вѣса оказываетъ меньшее вліяніе и во время паденія поворачиваетъ тѣло такъ, чтобы направленная внизъ сторона тѣла представляла наименьшее сопротивленіе.

На практикѣ мы будемъ имѣть дѣло только съ совокупностью силъ, дѣйствующихъ одновременно на тѣло, имѣющее то или другое протяженіе. И если



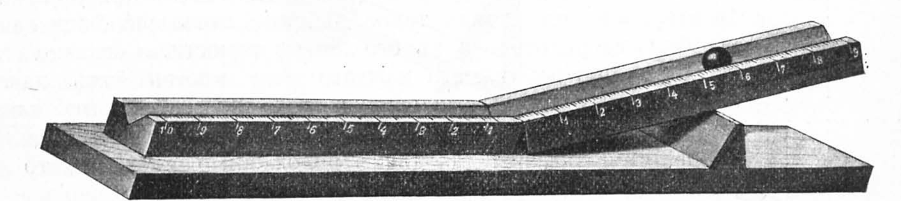
Желобъ Галилея для изученія паденія тѣлъ. См. текстъ, стр. 78.

мы пожелали бы измѣрить величину этой совокупности силъ, то намъ надо было бы отыскать какой-нибудь простой пріемъ сложенія всѣхъ этихъ силъ.

Такой простой пріемъ мы можемъ найти въ явленіи равновѣсія. Нѣкоторые случаи равновѣсія мы уже разсмотрѣли, не придавая значенія формѣ тѣла. Теперь, зная основы дѣйствія силъ, мы постараемся восполнить этотъ пробѣлъ.

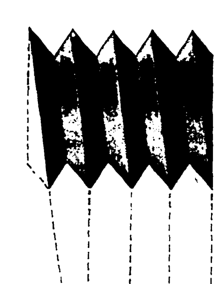
Мы привѣшиваемъ тѣло произвольной формы къ перекинутой черезъ блокъ нити; на другомъ же концѣ нити опредѣленнаго вѣса гиря; равновѣсіе наступитъ въ томъ случаѣ, если наше тѣло будетъ въ точности равно вѣсу гири. Понимать это надо такъ: сумма притяженій земли на частицы тѣла равна и противоположна одной силѣ, приложенной къ точкѣ, въ которой тѣло привѣшено къ нити, и эту силу мы измѣряемъ величиной гири, которая тянетъ другой конецъ нити. Такимъ образомъ, фактически мы выполняемъ сложеніе силъ. Этотъ опытъ показываетъ, что вовсе не все равно, въ какой точкѣ тѣла приложить эту цѣлую, обратную по направленію силу. Смотря потому, къ какому мѣсту подобнаго неправильнаго по формѣ тѣла мы прикрѣпимъ нить, оно приметъ, если ему ничто не мѣшаетъ, то или другое положеніе равновѣсія. И если равновѣсіе наступило и тѣло въ покоѣ, то можно прикрѣпить къ любой точкѣ прямой, проходящей черезъ тѣло и составляющей продолженіе нити, вмѣсто тѣла гирю, по вѣсу равную той, которая виситъ на другомъ концѣ нити, и равновѣсіе, очевидно, не нарушится. Другими словами, мы можемъ себѣ представить, что масса тѣла, имѣющаго неправильную форму, есть лишь другое выраженіе суммы дѣйствующихъ на тѣло силъ тяжести, что она собрана въ одной изъ точекъ этой прямой, и эта замѣна ничуть не отзовется на дѣйствіи силы тяжести на тѣло. Какъ мы видѣли, эта линія легко опредѣляется опытомъ, а потому дѣло дальнѣйшаго изученія значительно подвигается впередъ.

Мы замѣнимъ силу, съ которой нить тянетъ вверхъ, двумя другими силами; для этого къ двумъ точкамъ тѣла мы прикрѣпимъ по нити, перекинемъ каждую черезъ особый блокъ и прицѣпимъ къ концамъ ихъ по гирѣ. Въ этомъ случаѣ, равновѣсіе установится только тогда, когда соблюденъ законъ параллелограмма



Желобъ Галилея для изученія паденія тѣлъ. См. текстъ, стр. 78.

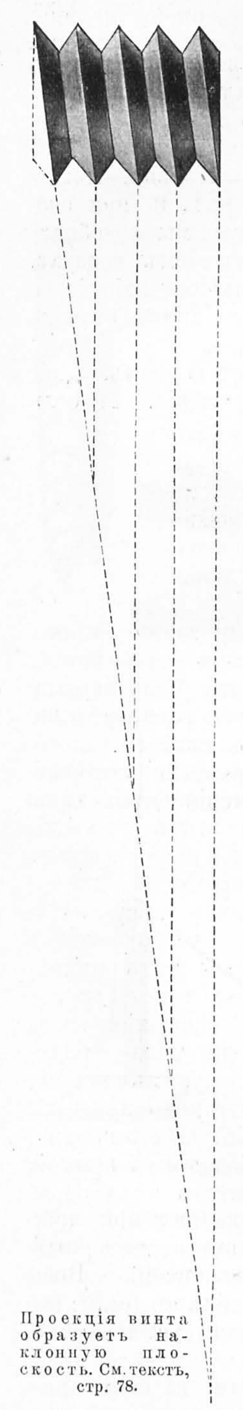
силъ. Приложеніе этого закона здѣсь трудности не представляетъ, такъ какъ по линіи тяжести какъ бы сосредоточена вся сила, дѣйствующая на тѣло. Наша задача представляетъ собой точное повтореніе случая съ тремя гирями, разобраннаго на стр. 74. Статическій многоугольникъ, состоящій изъ трехъ прямыхъ, представляющихъ собой силы, представится замкнутымъ треугольникомъ. Но это бываетъ лишь тогда, когда подобныя три направленія пересѣкаются гдѣ-нибудь въ одной точкѣ. Сопоставивъ это съ предыдущимъ выводомъ правила соединенія силъ въ одну равнодѣйствующую, мы увидимъ, что наше тѣло, имѣющее произвольную форму, будетъ въ равновѣсіи тогда, когда дѣйствующія на него силы встрѣчаются въ одной точкѣ, и, проводя прямыя, имъ параллельныя, мы получаемъ замкнутый многоугольникъ. Эта точка, въ которой пересѣкаются направленія всѣхъ силъ называется **центромъ силъ**. Мы можемъ принять, что въ ней всѣ силы соединяются. Въ примѣненіи къ силѣ тяжести такую точку называютъ **центромъ тяжести**. Тѣло произвольной формы будетъ испытывать со стороны притягательной силы земли такое дѣйствіе, какъ если бы вся масса его была сосредоточена въ его центрѣ тяжести. Согласно этому взгляду, центръ тяжести каждаго тѣла можетъ быть опредѣленъ опытомъ. Онъ, очевидно, долженъ лежать гдѣ-нибудь на найденной раньше линіи тяжести. И если мы опредѣлимъ такія линіи тяжести для двухъ положеній равновѣсія, то пересѣченіе ихъ дастъ намъ центръ тяжести.



Проекція винта образуетъ наклонную плоскость. См. текстъ, стр. 78.

Если тѣло подвѣшено въ его центрѣ тяжести или, если эта точка служитъ ему точкой опоры, то равновѣсіе въ этомъ случаѣ называется безразличнымъ. Если мы подопремъ тѣло сверху или снизу центра тяжести, то оно будетъ также въ равновѣсіи. И если на мгновеніе на него подѣйствуетъ какая-нибудь другая сила и выведетъ его изъ равновѣсія, — разъ точка опоры выше центра тяжести, оно снова вернется въ положеніе равновѣсія, лишь только прекратится дѣйствіе этой новой силы; въ другомъ случаѣ, когда тѣло подперто ниже центра тяжести, тѣло продолжаетъ начатое имъ движеніе и соскакиваетъ съ своей точки опоры. Первый родъ равновѣсія называется **устойчивымъ**, второй—**неустойчивымъ**. Объясненіе обоихъ случаевъ труда не представитъ. Если мы выводимъ подвѣшенное тѣло изъ положенія равновѣсія, то тяготѣніе дѣйствуетъ подъ угломъ къ силѣ прикрѣпленной нити, которая гораздо больше тяготѣнія(см. рисунокъ на стр. 82). Получается по направленію, перпендикулярному къ нити, слагающая сила, которая увлекаетъ за собой тѣло внизъ по кругу. Такъ какъ въ положеніе равновѣсія оно приходитъ съ нѣкоторой скоростью, то оно проходитъ и дальше, и начинается движеніе по закону маятника, уже подробно разсмотрѣнное нами, которое продолжается до тѣхъ поръ, пока сопротивленіе воздуха его не остановитъ. Тогда тѣло возвращается въ положеніе равновѣсія. Это произойдетъ и въ томъ случаѣ, если тѣло прямо привѣщено къ какой-нибудь точкѣ его поверхности, вокругъ которой оно можетъ обращаться. Время одного качанія маятника зависитъ отъ его длины; послѣдняя представляется разстояніемъ отъ точки привѣса до центра тяжести тѣла, къ которому приложено притяженіе земли такъ, какъ будто остальныхъ точекъ тѣла вовсе не существовало бы.

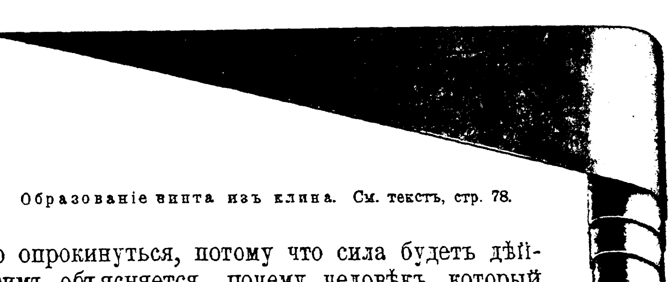
Совсѣмъ не то мы видимъ въ томъ случаѣ, когда точка опоры лежитъ ниже



Проекція винта образуетъ наклонную плоскость. См. текстъ, стр. 78.

центра тяжести. Тутъ, стóитъ только немного вывести тѣло изъ положенія равновѣсія, и притягательная сила окажется приложенной въ центрѣ тяжести какъ бы къ плечу рычага, длина котораго равна разстоянію между точкой опоры и центромъ тяжести, и увлечетъ все тѣло внизъ. И если точка опоры связана съ тѣломъ неразрывно, то тѣло переходитъ изъ неустойчиваго равновѣсія въ устойчивое.

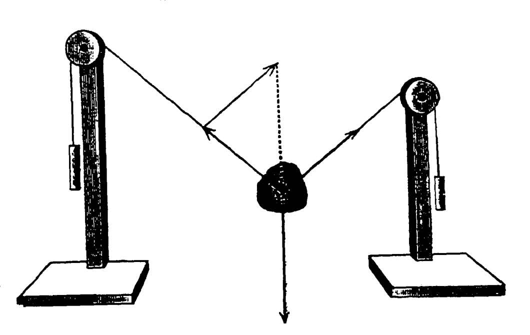
На основаніи сказаннаго, мы заключаемъ, что тѣло до тѣхъ поръ остается на своей подставкѣ, пока отвѣсная прямая, проходящая черезъ центръ тяжести, еще встрѣчаетъ подставку; тѣло и на остріѣ иглы можетъ быть въ равновѣсіи, по меньшей мѣрѣ, неустойчивомъ. Но лишь только эта отвѣсная прямая будетъ кончаться не въ тѣлѣ, тѣло должно непремѣнно опрокинуться, потому что сила будетъ дѣйствовать на рычагъ. Этимъ объясняется, почему человѣкъ, который несетъ на спинѣ тяжесть, долженъ согнуться, чтобы она не опрокинула его назадъ, и если несутъ тяжесть одной рукой, то перегибаются въ сторону противоположную. По той же причинѣ на плечахъ можно нести тяжесть гораздо большую, чѣмъ на спинѣ,—тутъ устраняется дѣйствіе на рычагъ, которому должна противодѣйствовать мускульная сила (см. рисунокъ на стр. 82, внизу).



Образованіе винта изъ клина. См. текстъ, стр. 78.

Во всѣхъ строительныхъ работахъ, строятъ ли машину, или зданіе, мѣсто центра тяжести сооруженія среди остальныхъ частей его играетъ, разумѣется, первостепенную роль, какъ необходимое условіе устойчивости цѣлаго. Если взятыя для сооруженія тѣла имѣютъ форму симметричную и масса въ нихъ распредѣлена равномѣрно, то мы называемъ такія тѣла „однородными"; центръ тяжести такого тѣла опредѣлить легко: всегда можно указать три такихъ поверхности, которыя раздѣляютъ его на двѣ равныя части. Эти поверхности, очевидно, проходятъ черезъ центръ тяжести, пересѣченіе ихъ и даетъ искомую точку. На основаніи того же соображенія разыскивается центръ тяжести несимметричныхъ, но однородныхъ тѣлъ.

Очень часто бываетъ такъ, что тѣло, которое мы хотимъ изучить по отношенію къ силѣ тяжести, имѣетъ ось, вокругъ которой оно можетъ быть приведено во вращеніе. Таковы задачи, относящіяся къ явленіямъ вращенія міровыхъ тѣлъ вокругъ оси. Если ось проходитъ черезъ центръ тяжести, то тѣло находится въ равновѣсіи. Равновѣсіе должно сохраниться во всѣхъ положеніяхъ, принимаемыхъ тѣломъ при вращеніи его вокругъ оси. Оно не будетъ качаться, не можетъ соскочить съ оси, оно, стало быть, находится въ *безразличномъ* равновѣсіи. Вращательное движеніе, въ которое толчекъ привелъ бы тѣло, должно было бы продолжаться вѣчность, если-бъ не было тренія: послѣднее понемногу уничтожаетъ совокупность силъ, сообщенныхъ тѣлу толчкомъ.

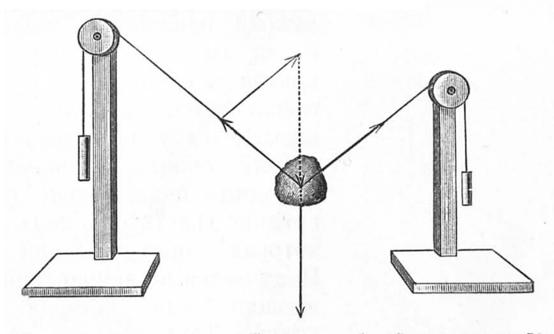


Центръ тяжести и отвѣсная линія. См. текстъ, стр. 79.

Но, если ось вращенія черезъ центръ тяжести не проходитъ, то сила прилагается къ нѣкоторому рычагу, и тѣло вращается до тѣхъ поръ, пока отвѣсная прямая, проходящая черезъ центръ тяжести, не встрѣтитъ оси; точка встрѣчи служитъ точкой привѣса, а если равновѣсіе неустойчивое,—точкой опоры.

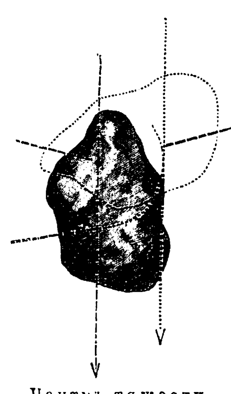
Обращеніе тѣла вокругъ оси называется его *вращеніемъ*. Вращающіяся

Образованіе винта изъ клина. См. текстъ, стр. 78.



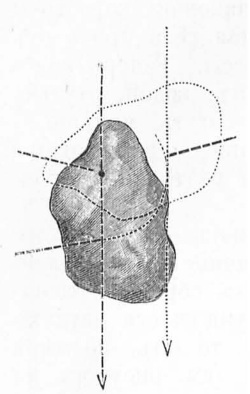
Центръ тяжести и отвѣсная линія. См. текстъ, стр. 79.

тѣла мы видимъ повсюду. Въ этого рода движеніяхъ, кромѣ силы тяжести, проявляетъ свое дѣйствіе и другая уже извѣстная намъ сила—тангенціальная, или центробѣжная, разсмотрѣнная нами на страницахъ 46 и 53. Выраженіе, найденное нами на стр. 46 для притягательной силы g мірового свѣтила, дастъ величину центробѣжной силы: стоитъ только перемѣнить знакъ на обратный. Это выраженіе имѣетъ такой видъ: $g = \frac{4r\pi^2}{u^2}$; такъ какъ $\frac{2r\pi}{u}$ есть скорость тѣла v въ направленіи его перемѣщенія, какова, напримѣръ, скорость какой-нибудь части махового колеса на его окружности, то первое выраженіе можно положить равнымъ просто (см. также стр. 53) $\frac{v^2}{r}$ Съ такой силой будетъ стремиться удалиться прочь отъ центра каждая частица массы вращающагося тѣла. Чтобы найти поэтому сумму силъ вращающагося тѣла, надо полученное выше выраженіе помножить еще на его массу m. Тогда у насъ получится $\frac{v^2m}{r}$. Итакъ, центробѣжная сила пропорціональна массѣ и квадрату скорости и обратно пропорціональна радіусу вращающагося тѣла.


Центръ тяжести вращающагося тѣла внѣ оси вращенія. См. текстъ, стр. 81.

Въ чемъ выражается дѣйствіе этой силы, можно прослѣдить на очень простомъ приборѣ, на такъ называемой центробѣжной машинѣ. Устройство ея легко понять изъ рисунка на стр. 83. Если начать вращать колесо R, то стержень S придетъ въ очень быстрое вращеніе; на этотъ стержень надѣта еще одна часть прибора: она состоитъ изъ двухъ шаровъ разнаго вѣса, соединенныхъ нитью, которые могутъ свободно перемѣщаться по горизонтальной проволокѣ. Если привести стержень во вращательное движеніе, то оба шара отодвинутся отъ середины проволоки и, если въ началѣ опыта они были по обѣ стороны отъ середины, они раздвинутся настолько, насколько позволяетъ связывающая ихъ нить. Когда они удалятся отъ центра движенія настолько, что наступитъ равновѣсіе, то центробѣжныя силы, дѣйствующія на тотъ и на другой шары, будутъ равны. Изъ приведеннаго нами выраженія для этой силы легко заключить, что равновѣсіе наступитъ лишь тогда, когда разстоянія тѣлъ отъ центра вращенія будутъ обратно пропорціональны массамъ тѣлъ. Если одинъ шаръ вдвое тяжелѣе другого, то при вращеніи его разстояніе отъ центра будетъ равно половинѣ разстоянія другого. Мы производимъ тутъ взвѣшиваніе, совершенно не пользуясь силой тяжести. Такъ какъ оба рода взвѣшиванія даютъ согласные результаты, то мы считаемъ себя въ правѣ смотрѣть на массу тѣла (по крайней мѣрѣ, постолько, посколько рѣчь идетъ объ этихъ двухъ силахъ) лишь какъ на совокупность точекъ приложенія силъ; масса сама по себѣ, внѣ дѣйствія силъ, нашему мышленію ничего не говоритъ. Мы подчеркиваемъ это воззрѣніе при первомъ представившемся намъ случаѣ, но тотчасъ же спѣшимъ оговориться, что опыты, которые будутъ разсмотрѣны въ этой книгѣ потомъ, внесутъ измѣненіе въ это представленіе о массѣ. А до тѣхъ поръ мы будемъ разсматривать массу не съ точки зрѣнія обыденной, какъ нѣчто твердое, наполняющее пространство, но лишь какъ показатель дѣйствія силъ.


Равновѣсіе человѣческаго тѣла. См. текстъ, стр. 81.

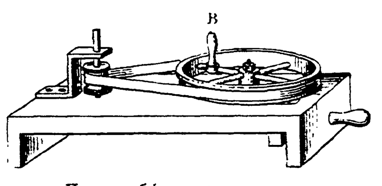


Центръ тяжести вращающагося тѣла внѣ оси вращенія. См. текстъ, стр. 81.

Равновѣсіе человѣческаго тѣла. См. текстъ, стр. 81.

Если мы приведемъ во вращеніе тѣла разной массы, разнаго вѣса, которые могутъ двигаться, не связывая другъ друга, то болѣе тяжелыя тѣла, противно тому, что было въ предыдущемъ примѣрѣ, отодвинутся отъ центра какъ можно дальше; условіе равновѣсія тутъ не соблюдается, и при одинаковой скорости и одинаковомъ разстояніи отъ центра центробѣжная сила, уносящая тѣла прочь отъ центра, увеличивается лишь въ зависимости отъ увеличенія массы. Теперь надѣнемъ на стержень сосудъ съ жидкостями разнаго вѣса: масломъ, водой, ртутью. Мы видимъ, что больше всего стремится удалиться наружу — ртуть, меньше — вода и еще меньше—масло (см. рисунокъ на стр. 84). Въ недавнее время этимъ свойствомъ тѣлъ стали пользоваться въ промышленности для раздѣленія смѣси легко подвижныхъ тѣлъ или веществъ на составныя части.

Другіе интересные опыты на центробѣжной машинѣ имѣютъ отношеніе къ вопросамъ космологіи. Прежде всего можно показать, что вращеніе земли должно было привести ее къ сжатію. Если устроить шаръ изъ гибкихъ обручей, расположенныхъ по меридіанамъ, причемъ у одного полюса эти обручи къ оси наглухо прикрѣплены, и привести такой шаръ во вращеніе вокругъ оси, то онъ, по мѣрѣ возрастанія скорости вращенія, будетъ сплющиваться все больше (см. рисунокъ на стр. 84). Если условія опыта позволяютъ намъ продолжать вращеніе столько, сколько мы того желаемъ (напримѣръ, когда одна жидкость вращается въ другой жидкости приблизительно того же удѣльнаго вѣса, какъ это имѣетъ мѣсто въ опытѣ Плато), то шаръ, сплющиваясь, скоро приметъ форму плоской чечевицы, то есть ту форму, какую имѣютъ многія изъ видимыхъ нами на небѣ туманностей. Наконецъ, центробѣжная сила преодолѣваетъ внутреннее сцѣпленіе между частицами массы, чечевица разворачивается въ кольцо, какъ въ Сатурнѣ, или же принимаетъ форму спирали. Въ мірозданіи можно указать немало тѣлъ, имѣющихъ эту форму (см. рисунокъ на стр. 86) Сравни съ нашей книгой „Мірозданіе“, стр. 656.

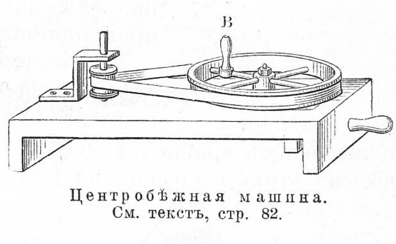


Центробѣжная машина.
См. текстъ, стр. 82.

Теперь обратимся къ такому опыту: на стержень центробѣжной машины мы насаживаемъ другой стержень, который служитъ осью вращенія для двухъ, прикрѣпленныхъ къ нему помощью шарнира маятниковъ, могущихъ двигаться на немъ вверхъ и внизъ.

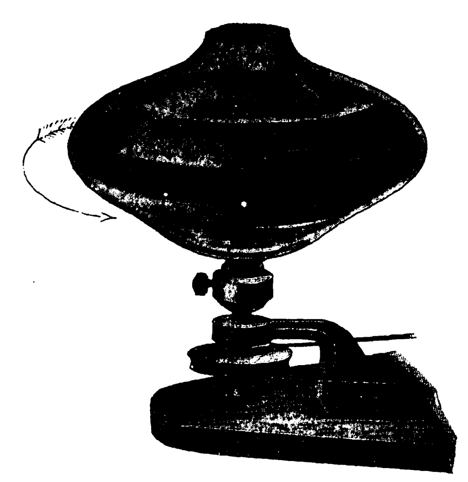
Приведемъ во вращательное движеніе весь этотъ приборъ; маятники отъ стержня отодвигаются, и уголъ между ними, по мѣрѣ увеличенія быстроты вращенія, возрастаетъ. При измѣненіи скорости вращенія гири то опускаются, то подымаются. Этотъ приборъ носитъ названіе **центробѣжнаго маятника**. Имъ пользуются, какъ извѣстно, для регулированія хода паровыхъ машинъ и для сходныхъ цѣлей (см. рисунки на стр. 87 и 88). Пусть къ стержню такого маятника прикрѣплено колѣно, которое тѣмъ больше закрываетъ клапанъ, проводящій паръ, чѣмъ дальше маятникъ отъ оси вращенія; чѣмъ быстрѣе ходъ машины, тѣмъ больше задержится пара и, благодаря этому, скорость хода уменьшится. Если же машина идетъ медленно, то маятникъ опустится, и потому проходить будетъ снова большее количество пара. Отсюда мы видимъ, что при помощи такого маятника можно поддержать скорость хода машины на опредѣленной высотѣ.

Центробѣжная сила играетъ роль, правда второстепенную, еще въ другой важной части паровыхъ машинъ, а именно въ **маховомъ колесѣ**. Здѣсь все дѣло въ инерціи колеса; ею поддерживается вращеніе колеса въ то время, когда движущая сила свое дѣйствіе прекращаетъ. Благодаря этому толчки, — дѣйствіе поршня, который долженъ быть вытащенъ назадъ, несмотря на то, что клапанъ закрытъ,—замѣняются движеніемъ равномѣрнымъ. Съ центробѣжной силой тутъ приходится считаться постольку, поскольку она производитъ вредное дѣйствіе, которое можетъ повлечь даже порчу машины. Въ данномъ случаѣ недостаточно, чтобы ось вращенія проходила черезъ центръ тяжести колеса, чѣмъ выполняется условіе безразличнаго равновѣсія (см. стр. 80), она должна быть въ то же



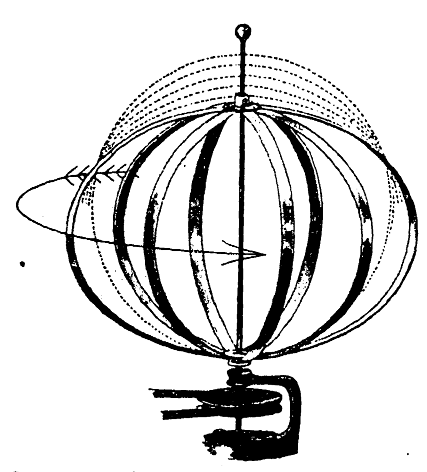
Центробѣжная машина.
См. текстъ, стр. 82.

время осью симметріи фигуры. Подъ осью симметріи мы подразумѣваемъ такую прямую, относительно которой всѣ части тѣла расположены совершенно симметрично. Значитъ, въ нашемъ случаѣ, діаметръ колеса долженъ быть перпендикуляренъ къ его оси. Если при этомъ еще приняты мѣры къ тому, чтобы масса въ колесѣ была распредѣлена равномѣрно, то есть чтобы не было, скажемъ, какихъ-нибудь раковинъ, то для любой части массы колеса по другую сторону оси найдется такая часть массы, что дѣйствіе центробѣжной силы на нее окажется равнымъ и противоположнымъ дѣйствію центробѣжной силы на первую часть. Дѣйствія же центробѣжной силы на подшипники въ разсчетъ принимать не приходится.


Дѣйствіе центробѣжной силы на различныя жидкости. См. текстъ, стр. 83.

Не слѣдуетъ однако думать, что внутри махового колеса центробѣжная сила не дѣйствуетъ. Если скорость движенія значительна и если крѣпость махового колеса не оказываетъ достаточнаго сопротивленія центробѣжной силѣ, то, будь оно даже хорошо центрировано, все-таки оно можетъ быть раздроблено центробѣжной силой.

Но если ось вращенія образуетъ уголъ съ осью фигуры, то центробѣжная сила дѣйствуетъ на нѣкоторый рычагъ, величина котораго зависитъ отъ этого угла и радіуса колеса, и стремится привести обѣ оси въ совпаденіе (см. рисунокъ на стр. 89). На нашемъ рисункѣ изображена эта сила. Она можетъ быть иногда гораздо больше дѣйствія силы тяжести, которая стремится вернуть вышедшій изъ отвѣснаго положенія грузъ на прежнее мѣсто. Приведенное нами выраженіе для центробѣжной силы позволяетъ вычислить отношеніе ея къ силѣ тяжести. Такъ, если радіусъ махового колеса равенъ 1 метру, и оно дѣлаетъ въ секунду 2 оборота, то часть его на его окружности отбрасывается съ силой, въ 16 разъ большей силы притяженія земли на нее. Въ небольшомъ колесѣ, радіусъ котораго 4 ст., а скорость 20 оборотовъ въ секунду, вращательная сила на краю въ 64 раза больше соотвѣтствующей тяжести. Съ такой силой стремится выпрямиться поставленное подъ угломъ къ оси маховое колесо, съ этой силой давитъ оно на его подшипники.


Сплющиваніе шара вслѣдствіе вращенія. См. текстъ, стр. 83.

Соображенія, высказанныя нами, позволяютъ объяснить тѣ крайне своеобразныя движенія волчка, которыми мы тѣшились во дни нашего дѣтства и которыя можемъ наблюдать на вращающихся міровыхъ тѣлахъ (см. рисунокъ на стр. 89).

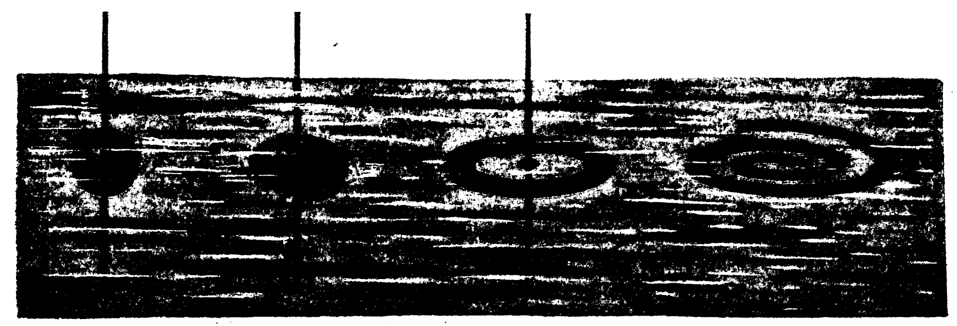
Когда мы видимъ, что волчекъ, поставленный на свое остріе и приведенный во вращеніе, стоитъ, это насъ удивляетъ столь же мало, какъ то, что стоитъ волчекъ, не вертящійся, когда къ двумъ концамъ одного изъ его діаметровъ прикрѣпить по нити, перекинуть ихъ черезъ блоки и привѣсить по гирѣ, вѣсящей больше волчка. Если мы сдвинемъ его, гири опять приведутъ его въ прежнее положеніе. Если мы попробуемъ измѣнить положеніе оси вращенія вращающагося волчка, то онъ будетъ оказывать сопротивленіе, и если мы выведемъ его изъ занимаемаго имъ положенія, то онъ будетъ стремиться снова въ него вернуться. Тутъ цен-

Дѣйствіе центробѣжной силы на различныя жидкости. См. текстъ, стр. 83.

Сплющиваніе шара вслѣдствіе вращенія. См. текстъ, стр. 83.

тробѣжная сила и инерція стоятъ другъ противъ друга; явленіе, здѣсь наблюдающееся, имѣетъ сходство съ качаніемъ маятника, но только гораздо сложнѣе. Дѣйствіе препятствія или толчка разлагается вслѣдствіе вращенія на много слагающихъ. Свободный конецъ оси волчка описываетъ при этомъ самыя замысловатыя фигуры. Примѣненіе къ указаннымъ нами основамъ движеній математическаго анализа позволяетъ вычислить ихъ видъ. Нѣкоторыя изъ такихъ кривыхъ изображены у насъ дальше на стр. 89. Они представляютъ путь, описываемый свободнымъ концомъ f изображеннаго на чертежѣ волчка k при тѣхъ или другихъ условіяхъ, когда другой конецъ оси e стоитъ на мѣстѣ.

Интересно, что тѣло, которое было подвергнуто сравнительно простому дѣйствію, совершаетъ потомъ столь замысловатыя, хотя и симметричныя движенія. Даже самое простое дѣйствіе извѣстныхъ намъ силъ природы проявляется въ такой удивительной формѣ. И если потомъ мы найдемъ неоспоримые доводы въ пользу того, что малѣйшія частички, на которыя можно мысленно разложить тѣло, со-



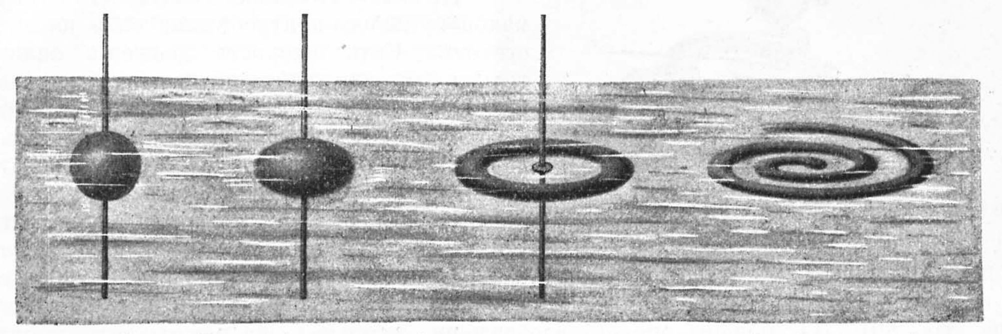
Опытъ Плато. Вращеніе жидкостей, представляющее образованіе міровыхъ тѣлъ. См. текстъ, стр. 83.

вершаютъ тѣ же разнообразныя движенія, то мы скажемъ себѣ, что это не болѣе удивительно, чѣмъ движеніе нашего волчка.

И какъ эти мельчайшія движенія должны совершаться по тѣмъ самымъ принципамъ общей механики, какіе мы вывели исходя изъ движеній находящихся вокругъ насъ тѣлъ, такъ всѣ движенія міровыхъ тѣлъ совершаются по законамъ небесной механики, которая отличается отъ общей механики не по существу, а лишь по особенностямъ математической разработки. Нашу землю можно уподобить огромному волчку, вращательное движеніе котораго постоянно нарушается толчками, направленными на его расширенную подъ экваторомъ часть и объясняющимися притяженіями луны и солнца. Конецъ земной оси описываетъ спиральную кривую, напоминающую кривыя движеній волчка. Ея размѣры можно вычислить по извѣстнымъ законамъ механики, и получающіяся числа находятъ подтвержденіе въ томъ, что наблюдается. Эти движенія носятъ названіе прецессіи и нутаціи земной оси. Кромѣ нихъ, за послѣднія десятилѣтія стали извѣстны и другія движенія земной оси; они очень малы, и причины ихъ до сихъ поръ не знаютъ. И, при всемъ томъ, по колебаніямъ полюса мы въ состояніи судить о величинѣ неизвѣстной силы, вызывающей это едва замѣтное движеніе земной оси (объ этомъ см. въ нашей книгѣ „Мірозданіе“).

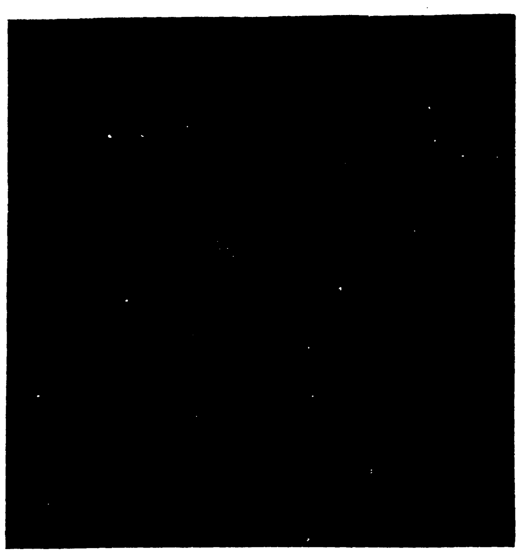
Если движеніе вокругъ нѣкотораго центра занимаетъ такое видное мѣсто въ мірѣ небесныхъ свѣтилъ, то другой родъ движенія, движеніе волнообразное, по большей части по своей незначительности отъ насъ ускользаетъ. Нашихъ оптическихъ приспособленій недостаточно, чтобы сдѣлать ихъ видными человѣческому глазу; но умственнымъ взоромъ мы видимъ, что такія движенія не только существуютъ, но что, благодаря этимъ мельчайшимъ волнообразнымъ движеніямъ, и именно имъ, весь міръ явленій можетъ быть воспринятъ нашими чувствами. А потому теперь перейдемъ къ разбору основъ этого рода движенія.

Само названіе волнообразное движеніе взято нами изъ подобнаго явле-



Опытъ Плато. Вращеніе жидкостей, представляющее образованіе міровыхъ тѣлъ.
См. текстъ, стр. 83.

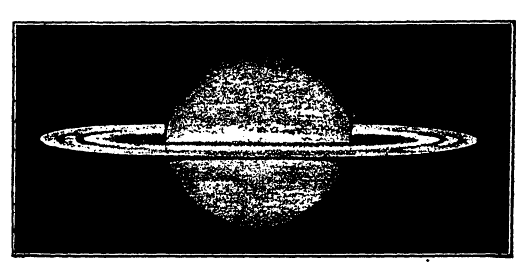
нія, происходящаго на поверхности воды. Но мы можемъ наблюдать это явленіе не только на тѣлахъ жидкихъ, а вообще во всѣхъ тѣлахъ, которыя допускаютъ сгибаніе: на цѣпяхъ, канатахъ, натянутыхъ струнахъ. Такъ какъ причинъ этого явленія, гибкости, мы пока еще также не знаемъ, то мы будемъ предполагать, что отдѣльныя части цѣпи совершенно тверды, но что онѣ участвуютъ въ волнообразныхъ движеніяхъ. Мы дѣлаемъ и другое допущеніе: мы считаемъ, что гибкость, свойство, имѣющее значеніе въ волнообразномъ движеніи, проявляется такъ, какъ это наблюдается, въ рядѣ сцѣпленныхъ между собой отдѣльныхъ мельчайшихъ частицъ каната, струны и т. д.



Спиральная туманность въ созвѣздіи Пса. Изъ „Мірозданія", В. Мейера. См. текстъ, стр. 83.

Если веревку натягиваетъ сила, величину которой указываетъ соотвѣтствующая гиря, и если мы надавливаніемъ на какое-нибудь мѣсто веревки выведемъ ее изъ равновѣсія, то натяженіе T (привѣшенная гиря) будетъ стремиться снова привести ее въ прежнее положеніе. Скорость или, точнѣе выражаясь, ускореніе, съ которымъ это происходитъ, очевидно, прямо пропорціонально этой тягѣ T и обратно пропорціонально массѣ каждой частицы, приходящей при этомъ въ движеніе. Мы понимаемъ и безъ доказательства, что, чѣмъ больше масса, которую надо сдвинуть, тѣмъ медленнѣе будетъ движеніе. Но этими двумя величинами мы могли бы ограничиться лишь въ томъ случаѣ, если бы тяга T дѣйствовала въ направленіи струны, когда толчекъ выводитъ ее изъ положенія равновѣсія. Но такъ какъ отдѣльныя „звенья" здѣсь другъ съ другомъ связаны, то эта сила будетъ дѣйствовать и въ боковомъ направленіи.

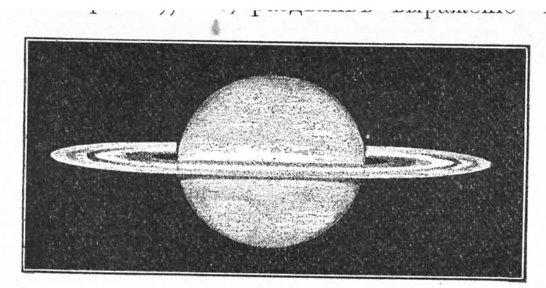
Пользуясь правиломъ параллелограмма силъ, мы найдемъ затѣмъ (см. чертежъ на стр. 90), что, раздѣливъ выраженіе T:m еще на r, на такъ называемый радіусъ гнутія, мы получимъ силу $k = \frac{T}{mr}$, съ какой каждая часть струны, выведенная изъ положенія равновѣсія, будетъ стремиться опять вернуться въ него.



Сатурнъ и его кольца. Изъ „Мірозданія", В. Мейера. См. текстъ, стр. 83.

Если мы теперь неподвижно прикрѣпленную струну на мгновеніе опустимъ, то получится движеніе, во всѣхъ отношеніяхъ сходное съ движеніемъ маятника. Всѣ части струны съ нѣкоторой скоростью приходятъ въ положеніе ея равновѣсія и продолжаютъ свое движеніе и дальше. По другую сторону отъ этого положенія они отклоняются, если не принять въ разсчетъ потери на сопротивленіе, на такое же разстояніе, затѣмъ возвращаются въ положеніе равновѣсія, снова отклоняются и т. д. И, подобно маятнику, струна продолжала бы постоянно двигаться съ тою же силой, то есть совершала бы одинаковыя **отклоненія** (**амплитуды**) въ ту и другую сторону, если бы, кромѣ этой работы, ей не приходилось бы выполнять еще другихъ работъ; главная изъ нихъ, какъ извѣстно, — приведеніе въ колебательное состояніе воздуха, что сопровождается физіологическимъ явленіемъ звука. Но этимъ движеніемъ воздуха подробнѣе мы займемся въ главѣ о звукѣ.

Спиральная туманность въ созвѣздіи Пса. Изъ „Мірозданія“, В. Мейера. См. текстъ, стр. 83.



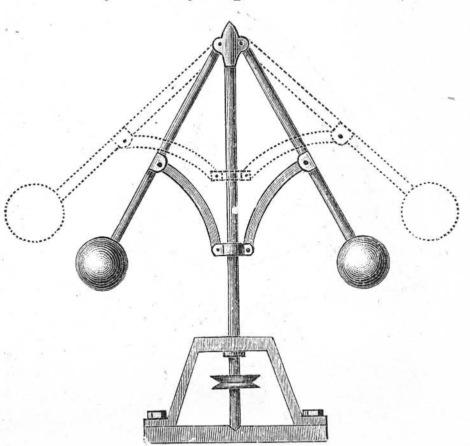
Сатурнъ и его кольца. Изъ „Мірозданія“, В. Мейера. См. текстъ, стр. 83.



Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Радуга и морской прибой.

Для того, чтобы такія колебанія вверхъ и внизъ могли произвести волнообразное движеніе, должны быть выполнены, кромѣ сказанныхъ, еще нѣкоторыя другія условія. Если мы будемъ выводить струну изъ положенія равновѣсія не медленно, благодаря чему части ея, прежде, чѣмъ придти въ колебательное состояніе, могли бы занять новое положеніе, обусловливаемое ея внутреннимъ сцѣпленіемъ, а ударимъ по ней, то благодаря инерціи массъ, не всѣ остальныя части сразу послѣдуютъ за ней. Тотчасъ же возникаетъ сила натяженія T; она приводитъ въ положеніе равновѣсія тѣ части, до которыхъ мы непосредственно дотронулись; но онѣ увлекаютъ за собой сосѣднія части въ направленіи удара, скажемъ, внизъ. Въ результатѣ получается настоящая волнообразная линія. Тѣ звенья, которыя колеблются справа и слѣва отъ мѣста удара, въ свою очередь увлекаютъ въ движеніе дальнѣйшія звенья; и эти звенья продолжаютъ свое движеніе, въ то время какъ звенья, вызвавшія это движеніе, снова колеблются вверхъ. То же самое происходитъ по всей длинѣ струны. Нашему глазу представляется, что по струнѣ пробѣгаетъ волна, на самомъ же дѣлѣ это кажущееся движеніе сводится къ опусканію и подыманію отдѣльныхъ звеньевъ цѣпи, которыя въ одинъ и тотъ же моментъ находятся въ различныхъ фазахъ (см. рисунокъ на стр. 91). Эти волны можно воспроизвести на приборѣ, рисунокъ котораго помѣщенъ у насъ въ главѣ о свѣтѣ. Онъ состоитъ изъ ряда металлическихъ пуговокъ, прикрѣпленныхъ къ прутьямъ, которые могутъ двигаться вверхъ и внизъ. Эти прутья опираются на волнообразную поверхность; послѣдняя можетъ двигаться въ ту и въ другую сторону.



Центробѣжный маятникъ. См. текстъ, стр. 83.

Но и на водѣ волнообразное движеніе совершается точно такимъ же образомъ. На водахъ, которыя своего теченія не имѣютъ, на морѣ, гдѣ волны представляютъ наиболѣе величественное зрѣлище, несмотря на огромную скорость, съ какой онѣ обрушиваются на предоставленный ихъ произволу корабль, движутся онѣ сами только вверхъ и внизъ. Это легко можно прослѣдить на движеніи пробки, брошенной на воду. Очень красиво и отчетливо выступаетъ это явленіе въ томъ мѣстѣ, гдѣ Рона впадаетъ въ Женевское озеро. Сѣрыя глетчерныя воды стремительнаго горнаго потока видны въ голубыхъ водахъ озера еще далеко отъ мѣста впаденія ихъ. Вода глетчера холоднѣе водъ озера и потому опускается внизъ подъ озерную воду; благодаря разницѣ въ окраскѣ водъ это мѣсто видно хорошо. Волны же озера по прежнему безмятежно движутся вверхъ и внизъ надъ этимъ дѣйствительно происходящимъ перемѣщеніемъ водъ.

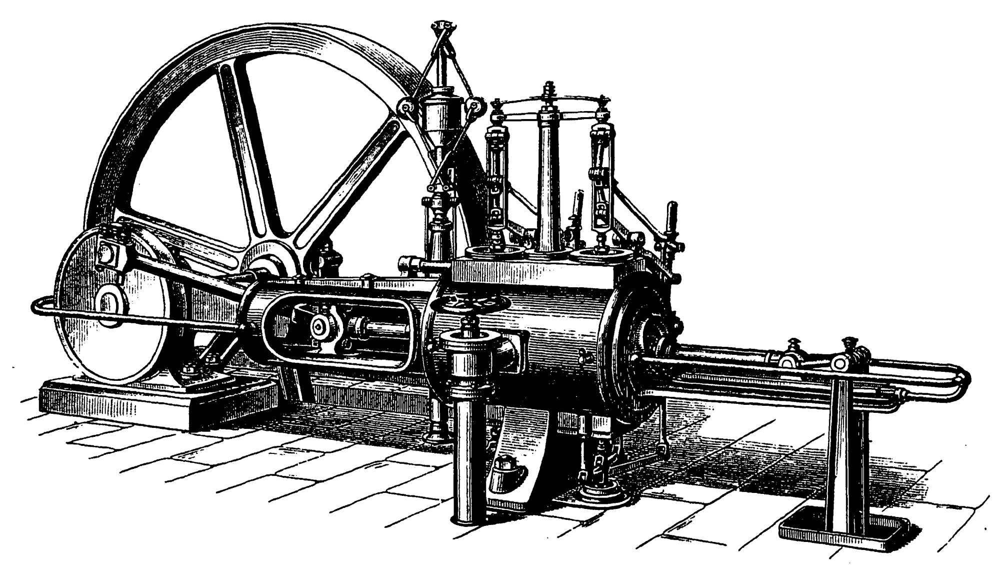
Изображенный на приложенной картинѣ ландшафтъ показываетъ намъ часть того, что выполняется въ природѣ волнообразнымъ движеніемъ. Мы видимъ тутъ огромныя морскія волны, производящія прибой у береговъ и вспоминаемъ о тѣхъ мельчайшихъ свѣтовыхъ волнахъ эѳира, которыя даютъ ландшафту все великолѣпіе его красокъ и вызываютъ явленіе радуги. Гдѣ бы мы ни стояли, куда бы мы ни смотрѣли, насъ обдаютъ волны самыхъ различныхъ размѣровъ.

Но возвратимся къ нашей натянутой струнѣ; мы видимъ, что пробѣгающая по ней волна доходитъ до ея конца и въ неподвижномъ закрѣпленіи ея встрѣчаетъ непреодолимое препятствіе, какъ водяная волна въ береговыхъ утесахъ. Если она пришла къ концу въ видѣ волны изогнутой внизъ, то она приметъ обратную форму, то есть искривится кверху и пойдетъ въ обратномъ направленіи,—какъ говорятъ, отразится. На другомъ концѣ повторяется то же самое и такъ до тѣхъ поръ, пока препятствія на концахъ не уничтожатъ

этого движенія (см. рисунокъ на стр. 91). Можно безъ труда показать, что это именно такъ и будетъ, но теперь мы на этомъ вопросѣ останавливаться не станемъ.

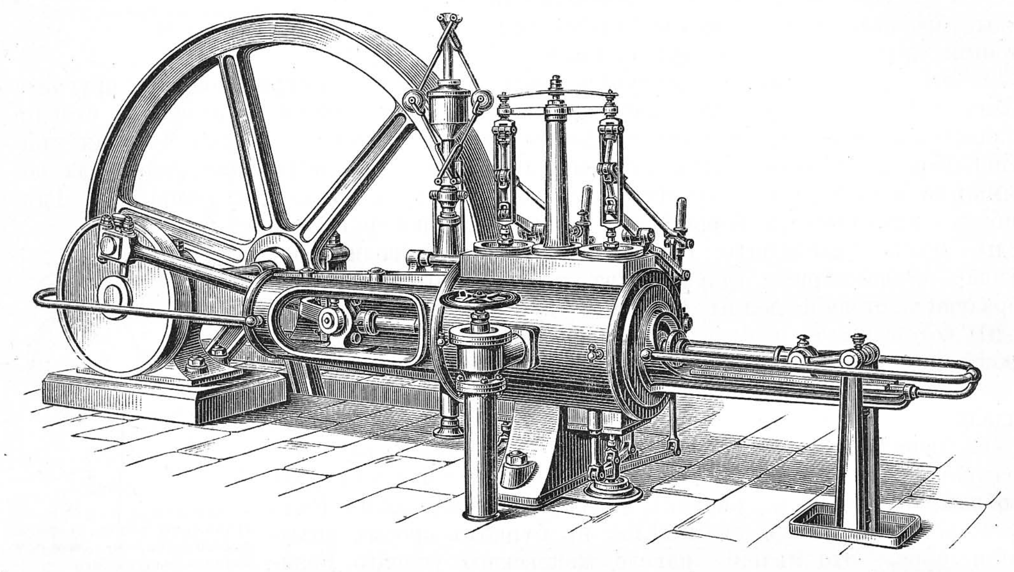
Теорія и наблюденіе показываютъ, что скорость распространенія такой кажущейся волны по струнѣ или по подобному ей соединенію массъ не зависитъ отъ величины сгиба, амплитуды или высоты волны, которыя представляютъ собой истинное движеніе частицы; скорость выражается квадратнымъ корнемъ изъ извѣстнаго уже намъ отношенія натяженія къ массѣ движущейся частицы. Если мы назовемъ черезъ v скорость этого кажущагося движенія, то получимъ общее для всѣхъ видовъ волнообразныхъ движеній, какіе будемъ разсматривать, выраженіе скорости распространенія ихъ въ такомъ видѣ: $v=\sqrt{\frac{T}{m}}$.

Важную роль во всѣхъ разбираемыхъ нами вопросахъ будетъ играть еще одно интересное явленіе, вытекающее изъ волнообразнаго движенія, такъ назы-



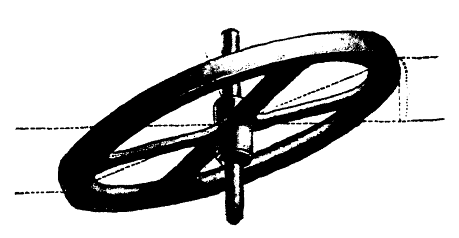
Паровая машина. См. текстъ, стр. 83.

ваемыя стоячія волны. Если мы сообщимъ натянутой струнѣ два удара, или, иначе говоря, если на струну одна за другой подѣйствуютъ двѣ силы, производящія двѣ, слѣдующія одна за другой, одинаковой величины волны, то вторая волна первой не нагонитъ, такъ какъ скорость ихъ одна и та же. Раньше возбужденная волна раньше отразится отъ одного конца струны и въ своемъ обратномъ движеніи встрѣтитъ вторую волну, еще движущуюся впередъ. Одна волна заставляетъ двигаться части струны вверхъ, другая — оттягиваетъ ихъ внизъ. Значитъ, гдѣ-нибудь будетъ такая точка, гдѣ прямое и отраженное волнообразныя движенія совершенно другъ друга уничтожаютъ, то есть такая точка, гдѣ соотвѣтственная часть струны вовсе не движется. Положеніе этой точки по отношенію къ одному концу струны, очевидно, должно оставаться неизмѣннымъ, потому что и скорость волны не мѣняется (см. рисунокъ на стр. 92). Въ зависимости отъ отношенія этой скорости къ длинѣ струны появляется на ней то или другое число такихъ узловыхъ точекъ, находящихся на одинаковыхъ другъ отъ друга разстояніяхъ. Намъ кажется, что струна колеблется вверхъ и внизъ такимъ образомъ, какъ будто узловыя точки служатъ концами, между которыми совершается одно большое колебаніе: намъ кажется, что волны стоятъ на мѣстѣ. Такъ какъ разстояніе между узловыми точками зависитъ исключительно отъ скорости распространенія волнъ, то величина этого разстоянія можетъ служить показателемъ величины скорости волны, и при опредѣленіи скорости этой величиной и пользуются. Неизмѣнныя



Паровая машина. См. текстъ, стр. 83.

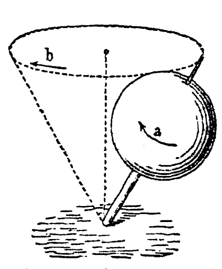
узловыя точки можно наблюдать всегда болѣе точно, чѣмъ волны движущіяся: есть много волнообразныхъ движеній, которыя совершаются такъ быстро, что нашъ глазъ не въ состояніи ихъ воспринять. Только по существованію такихъ узловыхъ точекъ и по другимъ свойствамъ волнообразнаго движенія, о которыхъ мы будемъ говорить позже, мы заключаемъ о существованіи самого движенія и опредѣляемъ величину его скорости; но къ этому мы еще вернемся.


Наискось поставленное маховое колесо. См. текстъ, стр. 84.

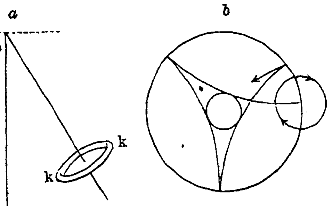
Само явленіе встрѣчи волнообразныхъ движеній и образованія при этомъ узловыхъ точекъ и, стало быть, стоячихъ волнъ носитъ названіе **интерференціи**.

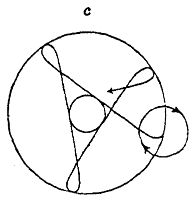
Всѣ знаютъ, что интерференцію можно весьма легко получить на поверхности воды, бросивъ въ воду на нѣкоторомъ разстояніи другъ отъ друга два камня.

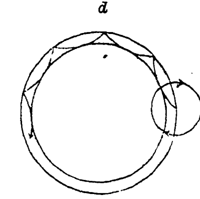
Отъ каждаго камня получается своя далеко распространяющаяся круговая волна. И въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ круги волнъ встрѣчаются, образуются стоячія волны; онѣ особенно отчетливо видны потому, что между узловыми точками дѣйствія обоихъ волнообразныхъ движеній складываются, и вслѣдствіе этого вода подымается и опускается сильнѣе, чѣмъ въ кругахъ, подвигающихся впередъ. Гдѣнибудь на отлогомъ берегу, на пескѣ, подъ поверхностью воды можно наблюдать образованіе стоячихъ волнъ еще лучше. Равномѣрные удары волнъ о берегъ отражаются и образуютъ стоячія волны по близости отъ него. Частицы воды, которыя тутъ подымаются и опускаются особенно сильно, производятъ перераспредѣленіе частицъ песка на днѣ, и получается обратное изображеніе стоячихъ волнъ. Мы всѣ видали на песчаныхъ берегахъ эту рябь. Въ пустыняхъ и на дюнахъ такія стоячія волны въ пескахъ образуются порывами вѣтра, отражающимися отъ неровностей почвы; онѣ изображены у насъ на рисункѣ, помѣщенномъ на стр. 93. Видъ пустыни напоминаетъ окаменѣлое въ бурномъ своемъ колыханіи море. Это явленіе навело женевскаго ученаго Казиміра **Декандоля** на интересную мысль. Онъ взялъ рядъ сосудовъ, наполнилъ ихъ почти доверху водой съ примѣсью нѣкотораго количества песку; встряхиваніемъ и другими подобными пріемами онъ вызывалъ внутри ихъ интерференцію волнъ; песокъ при этомъ располагался въ видѣ самыхъ разнообразныхъ, часто необыкновенно красивыхъ фигуръ. Въ сосудахъ одной и той же формы при однородныхъ движеніяхъ получались всегда и фигуры однѣ и тѣ же (см. рисунокъ на стр. 94). Часто такіе рисунки поразительно напоминаютъ собой тѣ необыкновенно красивые узоры, жилки, на панцыряхъ микроскопически малыхъ животныхъ и растеній, которыя живутъ въ водѣ и тамъ совершаютъ свои ритмическія движенія. Весьма возможно, что главную роль при построеніи этихъ необыкновенно красивыхъ представителей микроскопическаго міра играли описанныя нами простыя волнообразныя движенія. Во всякомъ случаѣ, примѣръ этотъ напомнитъ намъ, что нельзя дать себѣ отчета въ сложныхъ явленіяхъ, совершающихся въ мірѣ живомъ, безъ тщательнаго изученія болѣе простыхъ дѣйствій силъ, имѣющихъ мѣсто въ природѣ мертвой.



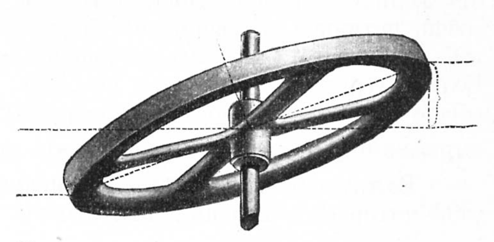
Движеніе волчка: a) движеніе волчка вокругъ самого себя, b) движеніе волчка вокругъ его средняго положенія. См. текстъ, стр. 84.





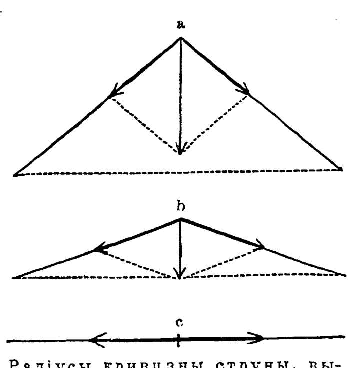


a ось волчка; *b*, *c*, *d* кривыя, описываемыя концомъ волчка. См. текстъ, стр. 85.



Наискось поставленное маховое колесо.
См. текстъ, стр. 84.

Ударъ упругихъ тѣлъ производитъ другого рода движеніе, имѣющее извѣстное внутреннее сходство съ движеніемъ волнообразнымъ. Если бросить на землю резиновый мячъ, то онъ отскочитъ вверхъ, и, если-бъ онъ могъ двигаться, не испытывая сопротивленія, онъ поднялся бы на прежнюю высоту. Это движеніе вверхъ и внизъ продолжалось бы дальше, на манеръ того, какъ происходитъ подыманіе и опусканіе частицъ струны, которой сообщенъ ударъ, или движеніе маятника. Причинъ этого движенія двѣ: гибкость резиноваго мяча и то его свойство, которое заставляетъ мячъ возстановлять свою форму, когда дѣйствіе внѣшней силы ее нарушаетъ. Это свойство тѣла называется его **упругостью**. Этими свойствами обладала и наша струна. Она — гибка, а натягивающая ее гиря заставляетъ ее принимать прежній видъ, то есть въ данномъ случаѣ возвращаться въ положеніе равновѣсія. Поэтому можно предположить, что отдѣльныя частицы мяча связаны такого же рода натяженіемъ. И если-бъ концы колеблющейся струны были закрѣплены не наглухо, а могли бы подъ вліяніемъ давленія поддаваться, то при ударѣ струны о какое-нибудь неподвижное препятствіе мы имѣли бы точь въ точь такое же явленіе, какое наблюдается при ударѣ мяча о землю.



Радіусы кривизны струны, выведенной изъ положенія равновѣсія. При отклоненіи a радіусъ r (радіусъ кривизны) имѣетъ большее значеніе, при отклоненіи b—меньшее, при c равенъ нулю. См. текстъ, стр. 86.

Дотронувшись до земли, мячъ продолжаетъ двигаться еще мгновеніе,—до тѣхъ поръ, пока упругость не противопоставитъ ему своихъ силъ, то есть пока не начнется противодѣйствіе. Мячъ немного сплющивается. Этотъ промежутокъ времени между моментомъ прикосновенія его къ землѣ и началомъ противодѣйствія соотвѣтствуетъ полуперіоду колебанія струны; весь періодъ выразится, какъ мы показали, T : m. T представляетъ собой степень внутренняго натяженія, упругость; вмѣсто m надо подставить силу удара тѣла при свободномъ паденіи. Эта сила для всѣхъ тѣлъ, падающихъ съ одной и той же высоты, одинакова. Но періодъ колебанія и пути, проходимые колеблющимся тѣломъ, для разныхъ тѣлъ совершенно различны. Билліардный шаръ, едва коснувшись твердой площадки, на которую онъ падаетъ, тотчасъ отлетаетъ назадъ. Измѣненій въ его формѣ мы не замѣчаемъ. Если же устроить такъ, чтобы мѣсто соприкосновенія шара и площадки обозначалось на обоихъ, то окажется, что оно — не точка. а кружокъ. Ударъ приводитъ въ колебательное состояніе слоновую кость, изъ которой сдѣланъ билліардный шаръ, только эти колебанія гораздо мельче и быстрѣе колебаній резины; но T, натяженіе мельчайшихъ звеньевъ, для слоновой кости гораздо больше. До сихъ поръ мы считали площадку, о которую ударяются тѣла, абсолютно твердой; на самомъ дѣлѣ этого никогда не бываетъ. Если же и площадка упруга, то пути, проходимые колеблющимися тѣлами, и періоды колебаній этихъ соударяющихся тѣлъ такъ перераспредѣлятся, что получится опять то же, что было раньше, то есть шаръ подымется на ту же высоту, съ которой онъ упалъ на площадку.

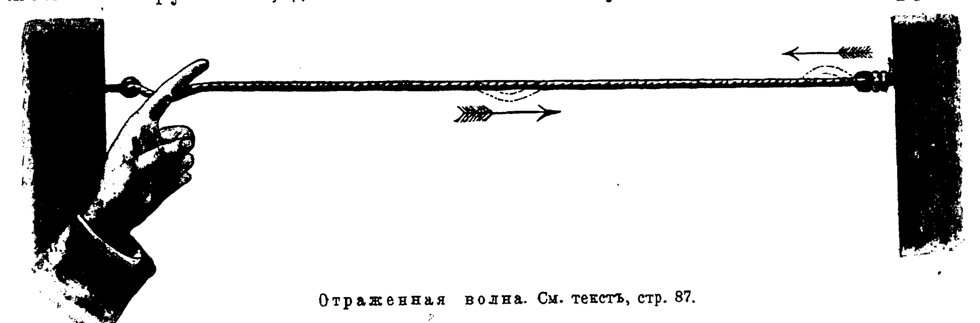
Въ явленіи удара есть еще и другая интересная и важная сторона, указывающая на сходство съ колебаніями струны: ударъ, какъ это знаетъ по опыту каждый играющій на билліардѣ, отражается. Билліардный шаръ, ударившись о бортъ подъ нѣкоторымъ угломъ, отлетитъ отъ него, если не считать возможнаго при этомъ вращенія, подъ тѣмъ же самымъ угломъ, но въ другую сторону (см. рисунокъ на стр. 95). И если ударяется онъ подъ угломъ i, то отражается онъ подъ угломъ 180 — i. Въ точкѣ удара шаръ претерпѣваетъ то же, что и крайній элементъ колеблющейся струны. Замѣтимъ это и потомъ впослѣдствіи при обсужденіи важныхъ вопросовъ этимъ замѣчаніемъ воспользуемся.

Если послѣ ряда подъемовъ и опусканій резиновый мячъ, наконецъ, приходитъ въ покой, то и тогда онъ прикасается къ тому мѣсту, на которомъ лежитъ,

не одной точкой, а кружкомъ, который, конечно, уже меньше кружка, получающагося при паденіи съ извѣстной высоты.

Измѣненіе формы мяча, когда онъ лежитъ уже въ покоѣ, объясняется теперь только соотношеніемъ, которое установилось между дѣйствіемъ на него тяжести и дѣйствіемъ упругости его собственной или подставки, гдѣ онъ лежитъ. Они оказываютъ другъ на друга давленіе, которое вызываетъ въ мельчайшихъ частяхъ ихъ особенное натяженіе, такое, какое бываетъ когда надолго вывести изъ положенія равновѣсія колеблющуюся струну, что, конечно, можно сдѣлать только при помощи особенной силы. Въ этомъ случаѣ движеніе струны начнется не съ момента приложенія силы, какъ это было раньше, а съ того момента, когда дѣйствіе ея будетъ устранено. Давленіе, при которомъ все это происходитъ, мы разсмотримъ еще съ другой точки зрѣнія, какъ запасъ работы, какъ потенціальную энергію.

Въ повседневной жизни намъ приходится встрѣчаться съ дѣйствіемъ натяженія въ пружинахъ; для насъ полезнѣе всего будетъ остановиться на пружин-

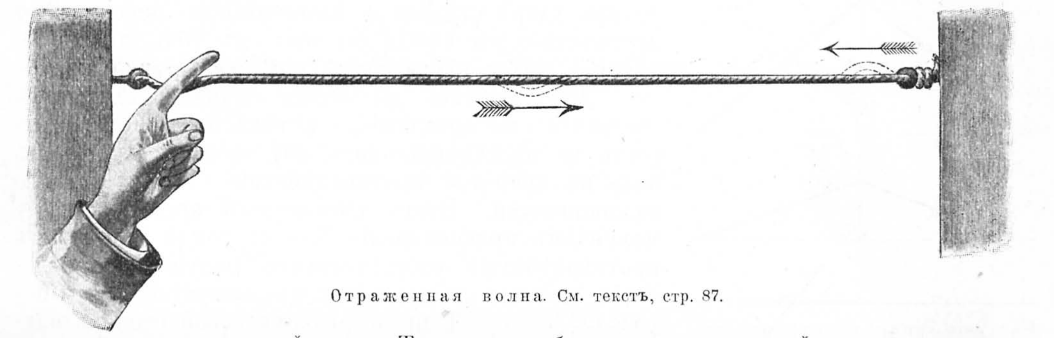


Отраженная волна. См. текстъ, стр. 87.

ныхъ вѣсахъ. Тяга груза, обусловливаемая его вѣсомъ, сравнивается на этихъ вѣсахъ съ упругостью металлической пружины, то есть съ силой, которую можно считать неизмѣнной. Чѣмъ тяжелѣе грузъ, тѣмъ больше раздвинется, какъ показано у насъ на рисункѣ, пружина, и стрѣлка на подвижномъ концѣ ея будетъ показывать и удлиненіе пружины, и вѣсъ подвѣшеннаго на ней груза (см. рисунокъ на стр. 96). Такъ какъ тутъ мы производимъ сравненіе силы тяжести съ такой силой, которая въ разныхъ точкахъ поверхности земного шара остается неизмѣнной, то показанія пружинныхъ вѣсовъ для одного и того же груза на экваторѣ и на полюсѣ будутъ неодинаковы; на обыкновенныхъ вѣсахъ съ коромысломъ этого не бываетъ, такъ какъ на нихъ силу тяжести сравниваютъ съ точно такой же силой тяжести. Поэтому, съ теоретической точки зрѣнія, пружинные вѣсы можно считать пригодными для тѣхъ опредѣленій формы земли, которыя производятъ при помощи маятника, и какъ повѣрочный приборъ они для этого и употребляются; но по точности они стоятъ, конечно, значительно ниже маятника.

Не всѣ тѣла упруги. Шаръ, сдѣланный изъ глины, будучи брошенъ на неподвижную площадку, сожмется, какъ сжимается резиновый мячъ, но эту измѣненную форму онъ сохранитъ и, упавъ, останется лежать. Онъ давитъ въ силу своей тяжести на подставку, но того натяженія, о которомъ мы говорили, между ними нѣтъ: если снять шаръ съ мѣста, на которомъ онъ лежитъ, то и тутъ, какъ оказывается, своей прежней формы онъ не возстановитъ. О такомъ шарѣ говорятъ, что онъ пластиченъ. Подобно тому, какъ есть разныя степени упругости, есть и разныя степени пластичности, опредѣляемыя по способности тѣла къ сжатію.

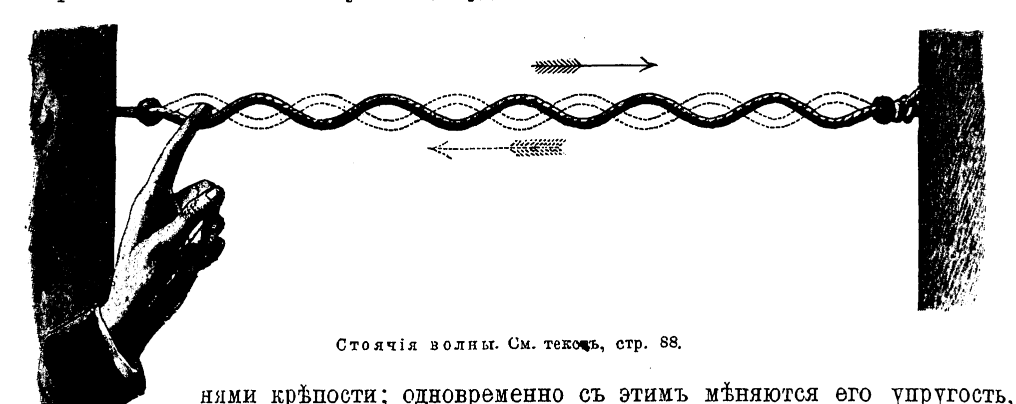
Сжимаемость пластичныхъ тѣлъ показываетъ намъ, что и они должны состоять изъ отдѣльныхъ звеньевъ; но натяженія, которымъ, по аналогіи съ явленіемъ въ затянутой струнѣ, мы объясняли ихъ упругость, здѣсь нѣтъ. Мы убѣдимся сейчасъ въ томъ, что это натяженіе не зависитъ отъ силы, которой связываются эти звенья, благодаря чему вся совокупность ихъ представляется намъ



Отраженная волна. См. текстъ, стр. 87.

въ видѣ тѣла, обладающаго той или иной протяженностью. Эту большую или меньшую степень прочности связи между частицами тѣла мы называемъ его **крѣпостью**. Мы можемъ опредѣлить ее, пользуясь тягой грузовъ, а потомъ результатъ выразить въ единицахъ вѣса: мы увеличиваемъ двѣ силы, дѣйствующія на тѣло по направленіямъ прямо противоположнымъ, до тѣхъ поръ, пока онѣ не произведутъ въ какомъ-нибудь мѣстѣ тѣла разрыва. Повседневный опытъ показываетъ намъ, что между этой крѣпостью и упругостью тѣла нѣтъ никакой зависимости. Ненатянутую веревку можно назвать какъ угодно, но только не упругой, и, чтобы разорвать ее, надо привѣсить къ ней очень большую тяжесть. Стекло упруго необычайно, но достаточно незначительной тяжести, чтобы нарушить связь между его частицами. Упруги всѣ газы, но частицы ихъ почти не связаны.

Мы можемъ прослѣдить на опытѣ, какъ одно и то же тѣло, въ зависимости отъ различныхъ внѣшнихъ условій, будетъ обладать самыми различными степе-



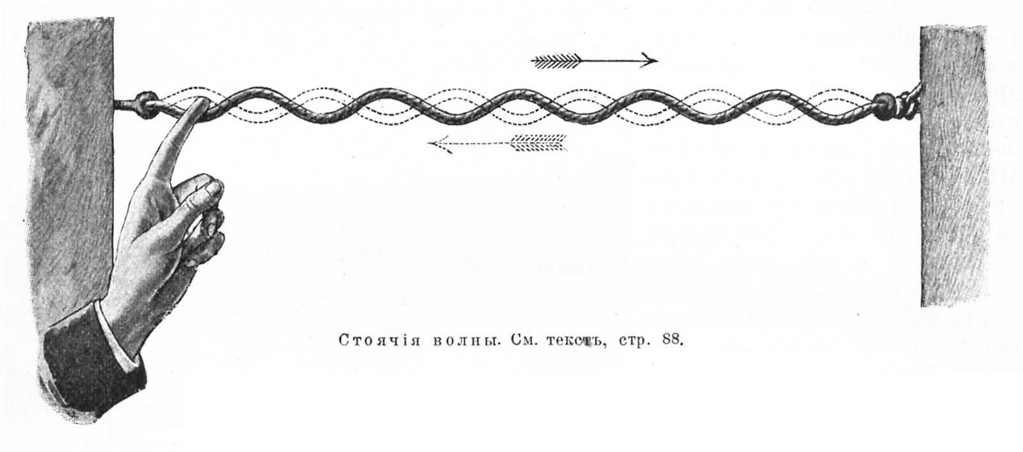
Стоячія волны. См. текстъ, стр. 88.

нями крѣпости; одновременно съ этимъ мѣняются его упругость, а, стало быть, и пластичность, что указываетъ на несомнѣнную внутреннюю связь, существующую между этими силами. Крѣпость и упругость желѣзнаго шарика при обыкновенной температурѣ значительны. Доведенный до бѣлаго каленія, онъ становится мягокъ, а при дальнѣйшемъ накаливаніи настолько утрачивается связь между его частицами, что онъ обращается въ жидкость и пріобрѣтаетъ такимъ образомъ какъ бы наибольшую степень пластичности. Упругость и пластичность льда, водяного пара и воды въ ея обыкновенномъ состояніи настолько различны въ каждомъ изъ этихъ трехъ тѣлъ, что съ точки зрѣнія физики приходится разсматривать ихъ какъ тѣла совершенно различныя.

По новѣйшимъ изслѣдованіямъ, не только вода, но и всѣ извѣстныя намъ тѣла могутъ принимать каждое изъ трехъ **аггрегатныхъ состояній**: **твердое, жидкое и газообразное**. Эти три состоянія рѣзко другъ отъ друга отличаются. При извѣстныхъ условіяхъ, на изученіи которыхъ мы пока останавливаться не будемъ, вода и другія жидкости подъ дѣйствіемъ нѣкоторой таинственной силы начинаютъ въ извѣстный моментъ застывать въ удивительно красивыхъ твердыхъ формахъ, — обращаться въ кристаллы. Съ неменьшей внезапностью появляются въ закипающихъ жидкостяхъ газы, и вещество, которое въ силу внутренней связи его частицъ, было связано извѣстнымъ мѣстомъ, стремится теперь какъ бы раствориться во вселенной, откуда привелъ его сюда ходъ мірового бытія.

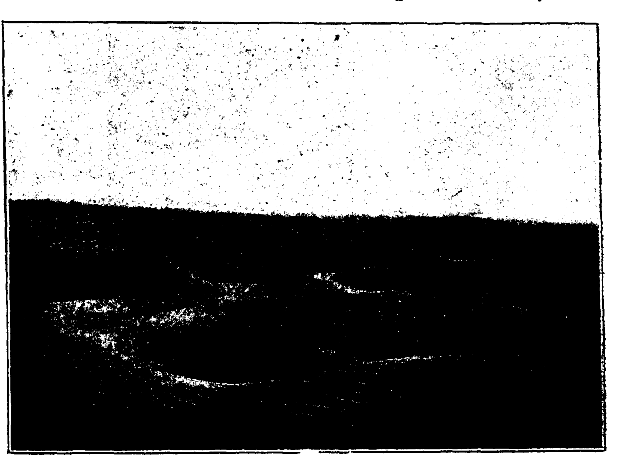
4. Механика атомныхъ движеній.

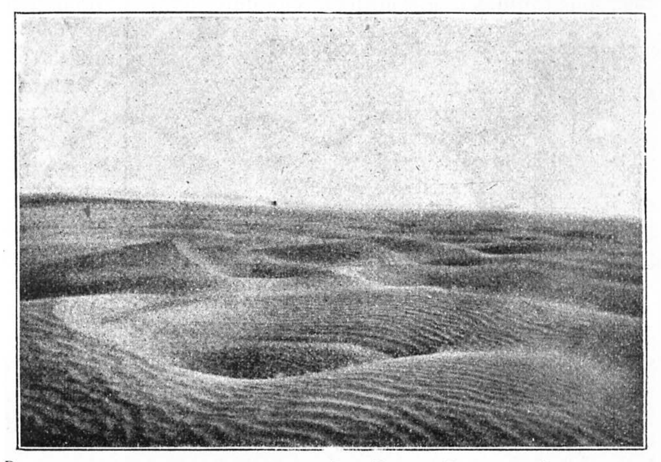
Съ измѣненіемъ аггрегатнаго состоянія тѣла, мѣняется и его плотность. Чѣмъ тѣло плотнѣе, тѣмъ больше будетъ содержаться въ одномъ и томъ же объемѣ частицъ массы: это слѣдуетъ изъ опредѣленія плотности, даннаго у насъ на страницѣ 65, и тѣмъ меньше будетъ, стало быть, подвижность вещества.



Стоячія волны. См. текстъ, стр. 88.

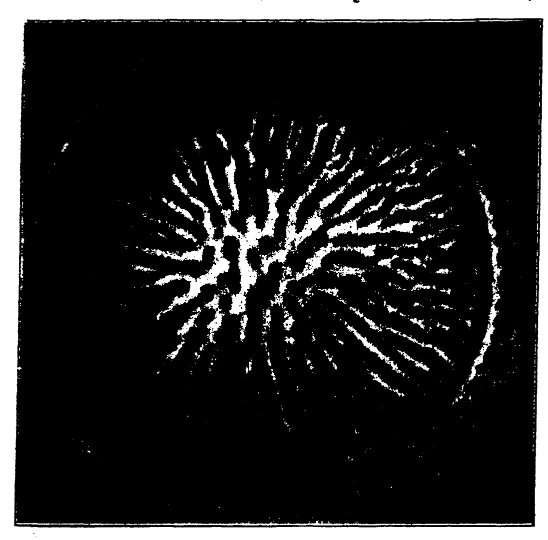
Желѣзо жидкое занимаетъ больше мѣста, чѣмъ твердое желѣзо,—оно удѣльно легче его; водяной паръ легче воды. Исключеніе представляетъ процессъ кристаллизаціи: ледъ нѣсколько легче воды при состояніи наибольшей ея плотности, а потому плаваетъ поверхъ ея. Это обстоятельство можно объяснить, правда, вполнѣ гипотетически, слѣдующимъ образомъ: та опредѣленная группировка мельчайшихъ частицъ вещества, которой обусловливаются кристаллическія формы, требуетъ больше мѣста, чѣмъ свободное расположеніе частицъ, когда онѣ могутъ лечь одна возлѣ другой настолько близко, насколько это позволяютъ ихъ свойства. Къ этому вопросу мы еще возвратимся, а теперь, оставивъ кристаллизацію, состояніе особенное, на время въ сторонѣ и перейдя къ явленіямъ измѣненія крѣпости вещества вообще, мы видимъ, что при дѣлимости тѣла на части, представляющейся нашей мыслительной способности дѣлимостью безпредѣльной, объясненія можно искать только въ одной гипотезѣ: мы должны предположить, что всѣ тѣла состоятъ изъ чрезвычайно малыхъ частицъ, которыя мы называемъ атомами, и которыя удерживаютъ другъ друга въ связи взаимнымъ притяженіемъ, совершенно какъ міровыя свѣтила. Мы видимъ, что притяженіе это у нихъ, какъ и у міровыхъ свѣтилъ, по мѣрѣ увеличенія разстоянія между ними, значительно ослабѣваетъ; напримѣръ, въ газахъ, плотность которыхъ гораздо меньше плотности жидкостей, изъ которыхъ они получаются (гдѣ, стало быть, частицы удалены другъ отъ друга на соотвѣтственно большія разстоянія, чѣмъ въ жидкостяхъ), атомы другъ друга уже не удерживаютъ, быть можетъ, потому, что здѣсь сила взаимнаго притяженія атомовъ меньше силы притяженія земли, которое два такихъ атома разъединяетъ. Напротивъ, въ твердыхъ тѣлахъ это притяженіе несравненно больше дѣйствія на нихъ тяготѣнія. Происходитъ ли ослабленіе этого притяженія между атомами въ зависимости отъ квадратовъ разстояній между ними, и будетъ ли оно поэтому проявленіемъ того же тяготѣнія, которое наблюдается повсюду, мы пока рѣшить не можемъ. Скажемъ только, что такое предположеніе, повидимому, не противорѣчитъ тому, что мы до сихъ поръ узнали; насколько простираются наши знанія, такихъ безусловно твердыхъ тѣлъ, которыхъ вовсе нельзя было бы подвергнуть дальнѣйшему сжатію, — нѣтъ, а потому ни въ одномъ изъ извѣстныхъ намъ тѣлъ атомы не могутъ прикасаться другъ къ другу: сжатіемъ тѣла мы сближаемъ ихъ все больше и больше. Кромѣ того, наблюдается такого рода фактъ: чѣмъ тѣло плотнѣе, тѣмъ больше вообще силы требуется для его сжатія. Оба эти обстоятельства, какъ будто говорятъ противъ нашего предположенія о сходствѣ притяженія атомовъ съ притяженіемъ міровыхъ свѣтилъ и о зависимости его отъ квадратовъ разстояній между атомами. Разъ только связь между ними, какъ это бываетъ въ тѣлахъ твердыхъ и жидкихъ, налицо, — они будутъ стремиться другъ къ другу съ силой все возрастающей, и тѣло должно само собой сдѣлаться абсолютно плотнымъ. Отсюда ясно, что наша гипотеза либо невѣрна, либо требуетъ еще добавочнаго условія. Это соображеніе заставляло физиковъ старой школы прибѣгать къ весьма запутаннымъ объясненіямъ строенія самихъ атомовъ, въ сущности ничего не разъяснявшимъ: не находя объясненія, они переносили его на нѣсколько этаповъ дальше въ область невидимаго и неосязаемаго. Напри-

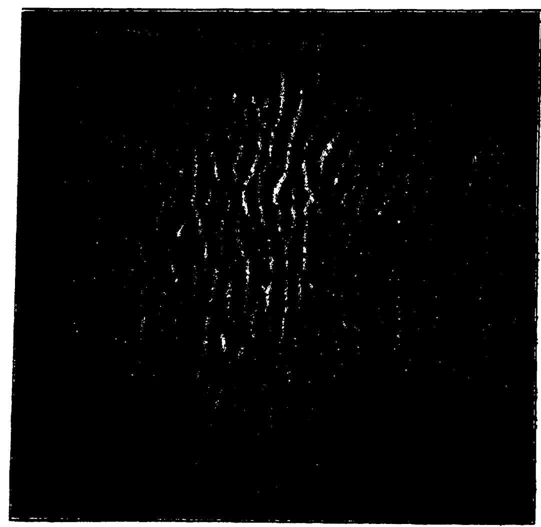

Волны въ пескахъ пустыни. Рис. Вогана Корниша. См. текстъ, стр. 89.



Волны въ пескахъ пустыни. Рис. Вогана Корниша. См. текстъ, стр. 89.

мѣръ, атомамъ приписывали атмосферу; упругостью ея объясняли отталкиваніе атомовъ при ихъ сближеніи. Къ такой вспомогательной прибавочной гипотезѣ придется теперь прибѣгнуть и намъ; слѣдуя своему правилу брать параллели только изъ области, намъ уже извѣстной, мы подыщемъ соотвѣтственную гипотезу. Пусть атомы, подобно міровымъ свѣтиламъ, совершаютъ вращательныя движенія другъ около друга, пусть, стало быть, они сгруппированы въ тѣ значительныя скопленія, которыя, въ примѣненіи къ большимъ тѣламъ носятъ названіе міровыхъ системъ, а въ примѣненіи къ малымъ — молекулъ; тогда двѣ такихъ системы могутъ, очевидно, приближаться безпрепятственно другъ къ другу до тѣхъ поръ, пока не встрѣтились отдѣльныя находящіяся въ движеніи свѣтила. Если же орбиты свѣтилъ или путь атомовъ, по сравненію съ величиной самихъ движущихся тѣлъ, малы, то орбиты другъ съ другомъ соприкасаются и, наконецъ, начинаютъ одна другую пересѣкать. Вращеніе въ молекулѣ атомовъ вокругъ общаго ихъ центра тяжести совершается, по мѣрѣ приближенія къ нему, все сильнѣе и сильнѣе. Система, какъ вращающійся волчекъ, отбрасываетъ отъ себя все, встрѣчающееся ей на пути. Она дѣйствуетъ какъ вполнѣ твердое тѣло, величина котораго равняется орбитѣ крайнихъ атомовъ; особенныя условія могутъ съузить размѣры этой орбиты еще больше. Дѣйствіе двухъ системъ, еще не пришедшихъ въ непосредственное соприкосновеніе другъ съ другомъ, подчиняется, повидимому, законамъ всеміpнаго тяготѣнія. Что касается того, правильна ли эта гипотеза, взятая изъ области движеній на небѣ, или нѣтъ, то это, само собой разумѣется, можно рѣшить только путемъ болѣе обстоятельнаго изслѣдованія вопроса.





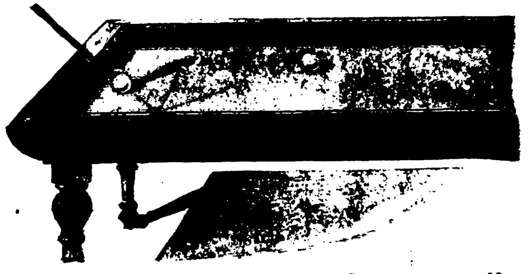
Фигуры Декандоля на пескѣ. Изъ „Archive des séances physiques, Genève“. См. текстъ, стр. 89.

Во всѣхъ своихъ разсужденіяхъ, ни словомъ не оговорившись, мы предполагали, что сами атомы абсолютно тверды. Мы, стало быть, приписываемъ имъ то свойство, котораго въ дѣйствительности нигдѣ не видимъ. Абсолютную твердость приходится признать абстракціей; мы же съ самаго начала сказали себѣ, что будемъ объяснять дѣйствительность, исходя исключительно изъ наблюдаемаго. Но эта обстракція занимаетъ особое мѣсто. Изучая свойства тѣлъ, мы дошли до послѣднихъ ихъ элементовъ; эти элементы мы вынуждены считать совершенно неимѣющими свойствъ,—иначе вышло бы, что свойства, которыя мы хотимъ объяснить, мы замѣняемъ свойствами, еще невыясненными: мы такимъ образомъ вращались бы въ логическомъ кругу, изъ котораго не могли бы выбраться. По отношенію къ такимъ послѣднимъ элементамъ абсолютная твердость является уже не свойствомъ,

Фигуры Декандоля на пескѣ. Изъ „Archive des séances physiques, Genève“. См. текстъ, стр. 89.

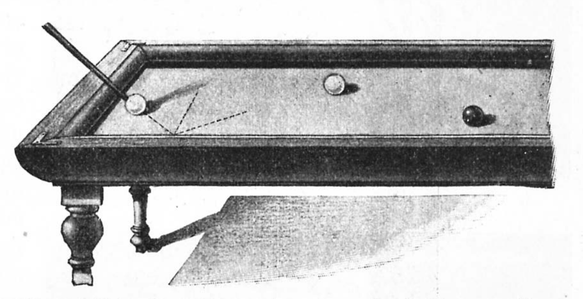
а потребностью нашего мышленія, такой же необходимостью, какъ то, что 1 + 1 всегда при всѣхъ условіяхъ равняется 2 и не больше, и не меньше, чѣмъ 2. Понимать это надо такъ: если въ извѣстное время, въ извѣстномъ мѣстѣ находится такого рода элементъ, то въ этомъ мѣстѣ въ то же время не можетъ помѣщаться другой элементъ ни цѣликомъ, ни частью; и если два такихъ элемента находятся другъ возлѣ друга, то они занимаютъ двѣ соотвѣтственныхъ части пространства и именно двѣ, не больше и не меньше. Абсолютная твердость, съ этой точки зрѣнія, не представляетъ изъ себя какой-нибудь особенной силы, какъ думали раньше нѣкоторые ученые, желавшіе объяснить возрастаніе сопротивленія тѣла при его сжатіи такого рода силой. Если-бъ абсолютная твердость была силой, она должна была бы быть, не взирая на то, что ограничивается ничтожными предѣлами одного атома, силой безконечно большой: по мысли этихъ ученыхъ, такая твердость должна выдерживать дѣйствіе всякихъ силъ, даже безконечно-большихъ.

Свою точку зрѣнія на этотъ вопросъ мы установили еще во введеніи, примкнувъ къ атомистическому ученію. Мы предполагаемъ, во-первыхъ, что на нѣкоторой ступени, достичь которой мы, вообще говоря, не въ состояніи, матерія начинаетъ заполнять пространство уже сплошь безъ промежутковъ, и, во-вторыхъ, что матерія эта обладаетъ лишь свойствомъ заполнять пространство и двигаться. Вотъ тѣ первыя и единственныя основоположенія, исходя изъ которыхъ мы собираемся дать объясненіе всему міровому бытію.


Отраженіе билліарднаго шара. См. текстъ, стр. 90.

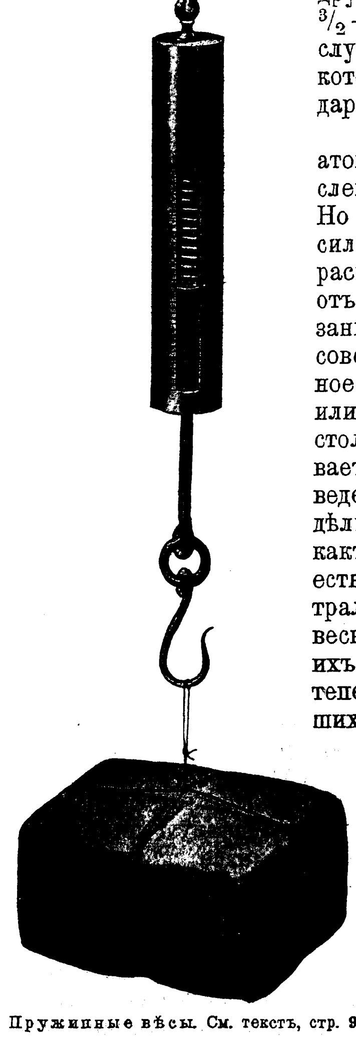
Гдѣ собственно лежитъ эта ступень, какова должна быть малость этихъ предѣльныхъ величинъ, останется открытымъ вопросомъ навсегда. Величины, представляющіяся намъ атомами, другимъ существамъ, не людямъ, могутъ казаться цѣлыми мірами. И если возможность возникновенія на атомахъ міровъ, столь же пышныхъ, какъ нашъ земной, но только меньшихъ по размѣрамъ, которые нельзя назвать по малости ихъ даже микроскопическими, представляется намъ весьма и весьма фантастичной, то въ этомъ мы должны винить лишь свою привычку смотрѣть на все, выходящее за предѣлы обычныхъ у насъ, у людей, размѣровъ, какъ на нѣчто невозможное. Мысль о безмѣрности небесныхъ пространствъ съ раскинутыми въ нихъ мірами еще нѣсколько столѣтій тому назадъ казалась фантазіей, невозможностью, а теперь стала общимъ мѣстомъ. И думается, недалекъ уже тотъ Коперникъ, который подыметъ насъ надъ современной нашей антропоцентрической точкой зрѣнія на міръ атомовъ.

Но мы, оставаясь вѣрными своему принципу признанія однихъ лишь относительностей, на время выберемъ сами для своихъ разсужденій такую предѣльную величину. Чтобы установить свою точку зрѣнія совершенно отчетливо, скажемъ, что величины, представляющіяся намъ теперь атомами, мыслимы человѣкомъ лишь, какъ величины недѣлимыя и наполняющія пространство. Въ виду такого ограниченія, вносимаго нами въ наши представленія объ устройствѣ видимыхъ нами скопленій матеріи, на мгновеніе мы должны остановиться на вопросѣ о взаимномъ дѣйствіи другъ на друга атомовъ, которые подчиняются только-что разсмотрѣннымъ нами общимъ законамъ механики. О дѣйствіи тяжести мы говорить не будемъ: объясненія его можно искать лишь въ этихъ самыхъ движеніяхъ атомовъ. Такъ какъ атомы, несмотря на всю свою малость, представляютъ изъ себя нѣчто протяженное, то у нихъ должна быть та или другая форма. Но если рѣчь идетъ о дѣйствіяхъ массъ, а въ разсмотрѣнныхъ до сихъ поръ случаяхъ такъ дѣйствительно и было, то можно математически доказать, что съ механической точки зрѣнія, каковы бы ни были по своему виду эти атомы,



Отраженіе билліарднаго шара. См. текстъ, стр. 90.

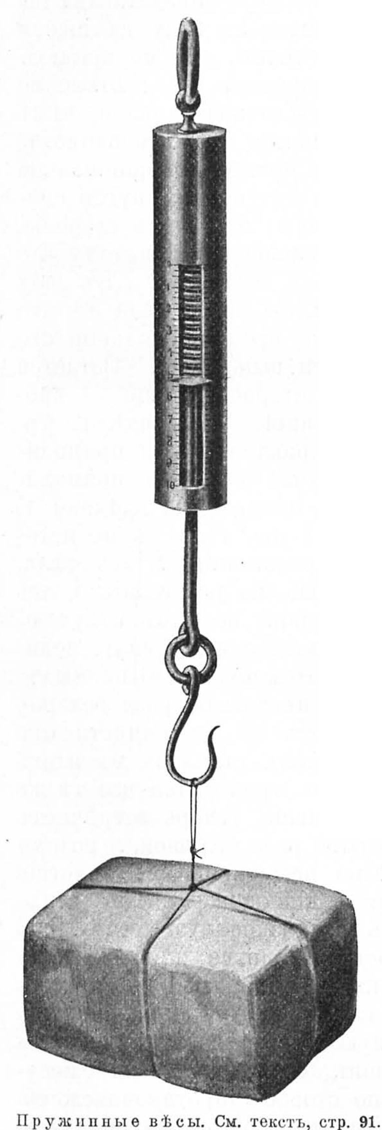
дѣйствіе ихъ въ среднемъ можетъ быть разсматриваемо, какъ дѣйствіе нѣкоторыхъ шаровъ. Поэтому атомамъ мы приписываемъ форму шаровую, предполагая, что они движутся въ пространствѣ прямолинейно и равномѣрно (см. также стр. 43). До тѣхъ поръ, пока они не сталкиваются, они не оказываютъ другъ на друга никакого вліянія. Если этотъ ударъ былъ ударомъ центральнымъ, то оба атома, т. к. они неупруги и непластичны, уже не расходятся и продолжаютъ свой путь вмѣстѣ, слѣдуя принципу инерціи. Если какой-нибудь атомъ, обладающій скоростью 3, движется вслѣдъ за равнымъ ему по величинѣ атомомъ, проходящимъ въ соотвѣтственное время лишь 2 единицы, то получающійся при этомъ двойной атомъ движется уже со скоростью $3/2 + 2/2 = 5/2$; что̀ теряетъ въ скорости одинъ атомъ, движущійся болѣе быстро, то выигрываетъ другой. Если атомы движутся навстрѣчу другъ другу, то остаточная скорость сложнаго атома равна $3/2 - 2/2 = 1/2$; если скорости были равны, то въ этомъ случаѣ двойной атомъ далѣе уже не движется: двѣ силы, которыя до того времени проявляли свое дѣйствіе, благодаря этому движенію, утерялись.


Пружинные вѣсы. См. текстъ, стр. 91.

Такіе математически точные цетральные удары атомовъ протяженныхъ являются исключеніемъ; безчисленное множество ударовъ носитъ другой характеръ. Но разъ ударъ придется хотя бы чуть-чуть сбоку, то сила его приложится уже къ нѣкоторому рычагу и распадется на двѣ составляющія. Шары отлетаютъ другъ отъ друга подъ извѣстнымъ угломъ, который, по указаннымъ нами выше законамъ, можетъ быть вычисленъ совершенно точно; оба атома приходятъ во вращательное движеніе, которое будетъ или продолжаться вѣчно, или измѣнится подъ вліяніемъ новаго удара. Послѣ столкновенія поступательное движеніе атомовъ оказывается уменьшеннымъ на величину, потребную для приведенія во вращеніе шаровыхъ атомовъ. Если предѣльный случай удара, ударъ центральный, представляется, какъ мы видѣли, почти совершенно невѣроятнымъ, то есть еще цѣлый рядъ случаевъ, гдѣ это условіе центральности почти вполнѣ выполняется; оба атома остаются весьма близко другъ отъ друга,такъ какъ большая часть ихъ первоначальнаго прямолинейнаго движенія перешла теперь въ движеніе вращательное. Исходя изъ простѣйшихъ предположеній, мы пришли къ слѣдующимъ логически вѣрнымъ выводамъ: во-первыхъ, есть атомы простые и составные, и, во-вторыхъ, извѣстное число атомовъ находится въ движеніи вращательномъ.

Столкновеніе между такими вращающимися атомами можетъ быть причиной самыхъ разнообразныхъ движеній: такія движенія мы уже видали, когда разбирали вращеніе волчка, и если заданы элементы соединяющихся при столкновеніи движеній, то можно математически вычислить и предсказать результатъ этого соединенія. Математическія выкладки покажутъ, соотвѣтствуютъ ли наблюдаемыя нами явленія въ матеріи тому, что мы логически вывели изъ своихъ простѣйшихъ предположеній о ея свойствахъ.

Теперь обслѣдуемъ вопросъ о силѣ тяжести. Разъ есть міровыя свѣтила, то существуютъ, стало быть, въ пространствѣ огромныя скопленія атомовъ, которыя находились тамъ или искони, или мало-по-малу образовались, какъ мы уже говорили.



Пружинные вѣсы. См. текстъ, стр. 91.

путемъ столкновеній. Предположимъ, что такое скопленіе находится въ покоѣ по отношенію къ какой-нибудь опредѣленной точкѣ. Говоря это, мы тѣмъ самымъ утверждаемъ, что всѣ дѣйствія свободныхъ атомовъ, несущихся изъ міроваго пространства по направленію къ нашему свѣтилу, взаимно уничтожаются. Если бы оказался перевѣсъ на сторонѣ атомовъ, движущихся въ одномъ какомъ-нибудь направленіи, то тѣло должно было бы перемѣщаться въ томъ же направленіи. Извѣстное число атомовъ свободныхъ должно придти въ столкновеніе съ атомами свѣтила, большинство же ихъ безпрепятственно пройдетъ сквозь пористую ткань его атомовъ. Первыя отразятся отъ атомовъ свѣтила, находящихся въ колебательномъ состояніи; для отраженныхъ атомовъ всѣ направленія представляются одинаково вѣроятными, потому что атомы эти могутъ придти къ тѣлу съ любой стороны. Но скорость этихъ атомовъ меньше скорости атомовъ, еще не пришедшихъ въ соприкосновеніе съ атомами свѣтила. Такимъ образомъ отъ свѣтила во всѣ стороны разлетается цѣлый рой атомовъ, обладающихъ меньшей силой, чѣмъ обычная въ этой части пространства; эта разница опредѣляется числомъ атомовъ, содержащихся въ свѣтилѣ или, другими словами, разница эта прямо пропорціональна массѣ свѣтила. Пусть по близости отъ этого свѣтила находится еще другое свѣтило. И пусть его также со всѣхъ сторонъ осыпаютъ атомы; но съ той стороны, гдѣ находится первое свѣтило, удары атомовъ имѣютъ меньше силы, потому что оттуда приходятъ атомы, уже бывшіе въ соприкосновеніи съ свѣтиломъ. Въ силу этого, второе тѣло будетъ стремиться къ первому, какъ бы испытывая съ его стороны притяженіе, будетъ стремиться къ нему съ силой, пропорціональной его массѣ. Такимъ образомъ, первое условіе дѣйствія тяжести выполнено. Остается показать, что при нашемъ предположеніи выполняется и второе условіе — пропорціональность убыванія притяженія квадратамъ разстояній. Мы видѣли, что отраженные атомы излучаются изъ свѣтила по всѣмъ направленіямъ, и прямолинейное равномѣрное движеніе ихъ должно во всякомъ случаѣ остаться прямолинейнымъ и равномѣрнымъ. Если, по истеченіи извѣстнаго промежутка времени 1, опредѣленное число атомовъ x находится на разстояніи 1 отъ тѣла, то по истеченіи времени 2, то же количество атомовъ очутится на разстояніи 2 отъ тѣла, и такъ далѣе. Если расположить вокругъ такого свѣтила на разстояніи 1 отъ него шаровой слой находящихся въ покоѣ атомовъ, то удары по нимъ излучающихся изъ тѣла атомовъ въ совокупности сложатся въ опредѣленную силу, величина которой зависитъ отъ x. Число неподвижныхъ атомовъ, размѣщенныхъ, какъ раньше, на разстояніи 2 отъ тѣла, должно быть уже въ четыре раза больше, такъ какъ величины шаровыхъ поверхностей возрастаютъ въ зависимости отъ квадратовъ ихъ радіусовъ. Но сила излучающихся атомовъ осталась въ итогѣ та же, такъ какъ на увеличившуюся шаровую поверхность приходятся все тѣ же x атомовъ. То же число ударяющихъ атомовъ, что и раньше, теперь встрѣчаетъ слой атомовъ, расположенныхъ на поверхности, въ четыре раза большей, а потому ударами ихъ будетъ задѣто число атомовъ въ четыре раза меньшее: дѣйствіе совокупности силъ ослабляется по мѣрѣ увеличенія такой поверхности, стало быть, въ зависимости отъ квадрата разстоянія отъ излучающаго тѣла. Этотъ математическій законъ убыванія лучеобразно распространяющихся дѣйствій есть лишь простое, логически необходимое слѣдствіе нашихъ предположеній. Что касается разбираемаго нами случая, то число атомовъ, излучающихся изъ центральнаго тѣла, выражаетъ собой здѣсь его притягательную силу: удары, идущіе съ одной стороны, соотвѣтственно слабѣе ударовъ атомовъ, безпрепятственно несущихся изъ міроваго пространства и приходящихся по сторонѣ противоположной.

Всѣ движенія міровыхъ свѣтилъ, какія до сихъ поръ нами разсматривались, могутъ быть вполнѣ объяснены на основаніи однихъ только законовъ тяжести да еще того первичнаго прямолинейнаго движенія, которое сказывается въ тангенціальной скорости; отсюда логически необходимо слѣдуетъ, что эти же движенія будутъ совершаться и въ предѣлахъ, указываемыхъ размѣрами молекулъ, такъ какъ наши условія и по отношенію къ молекуламъ должны сохранить свою силу. Въ частности въ нашемъ изслѣдованіи было показано, какъ первичныя прямоли-

нейныя движенія, неизмѣнно совершаемыя свободными атомами, переходятъ въ движенія группъ связанныхъ между собою атомовъ по замкнутымъ орбитамъ: астрономъ такія движенія видитъ, а физикъ въ своемъ мірѣ атомовъ существованіе ихъ предполагаетъ.

Итакъ мы представляемъ себѣ, что движеніе группъ атомовъ, соединенныхъ въ свѣтила или въ молекулы, совершается посреди потоковъ дѣйствующихъ на нихъ свободныхъ атомовъ, которые въ отличіе отъ первыхъ могутъ быть названы первичными атомами, иначе говоря, первоначальное прямолинейное движеніе скопленій атомовъ, выражающееся потомъ тангенціальной скоростью, постоянно испытываетъ дѣйствіе первичныхъ атомовъ: такъ отражаются на движеніи корабля морскія теченія. Величина этого отклоненія обусловливается густотой первичныхъ атомовъ въ этомъ потокѣ; считаться съ такого рода дѣйствіемъ приходится во всѣхъ движеніяхъ. Оказывается, напримѣръ, что солнечная система, со всѣми входящими въ составъ ея свѣтилами, движется по направленію къ точкѣ, находящейся въ созвѣздіи Геркулеса; общая скорость ихъ равна 30 км. въ секунду (см. наше сочиненіе „Мірозданіе“, стр. 637), а потому мы въ правѣ представить себѣ, что въ занятомъ солнечной системой пространствѣ дѣйствуетъ могучій потокъ атомовъ, увлекающій за собой все, что въ эту систему входитъ, со скоростью вполнѣ постоянной. На каждый отдѣльный атомъ массъ, составляющихъ нашу систему, съ одной стороны падаетъ въ извѣстный промежутокъ времени гораздо больше ударовъ первичныхъ атомовъ, чѣмъ со всѣхъ другихъ сторонъ. Положеніе всѣхъ частей системы какъ разъ такое же, какое занимаютъ движущіеся предметы на кораблѣ: на взаимоотношеніи ихъ собственное движеніе корабля не отзывается. Такимъ образомъ атомы, изъ которыхъ слагается масса нашей земли, съ одной стороны, обладаютъ собственной своей (тангенціальной) скоростью, съ другой же стороны, на нихъ сказывается дѣйствіе того потока первичныхъ атомовъ, который солнце производитъ однимъ фактомъ своего существованія: такъ всякое препятствіе въ текущей водѣ порождаетъ вихревое движеніе. Движенія эти общи всѣмъ находящимся на землѣ предметамъ, а потому на нашихъ опытахъ, которые производятся на земной поверхности, ни въ чемъ себя не проявляютъ. Земля посылаетъ изъ себя, какъ изъ центра, въ свою очередь потокъ атомовъ, дѣйствія котораго мы изучаемъ подъ именемъ дѣйствій тяжести. Первичные атомы, входящіе въ составъ этихъ потоковъ, могутъ залетѣть въ своемъ движеніи куда угодно; сами потоки въ міровомъ пространствѣ другъ друга пересѣкаютъ. Первичные атомы, отразившіеся отъ атомовъ, входящихъ въ составъ земли, долетаютъ до Юпитера, а тѣ атомы, которые отразились отъ этой планеты, встрѣтятъ землю. Обѣ планеты оказываютъ взаимное воздѣйствіе на главныя свои движенія, обѣ планеты мѣшаютъ другъ другу (см. „Мірозданіе“, стр. 596). Это какъ разъ то явленіе, которое наблюдается нами, когда легкій бузиновый шарикъ подвѣшенъ около тяжелаго свинцоваго; свинцовый его притянетъ (см. стр. 67). Возмущенія, производимыя въ потокѣ тяготѣнія земли свинцовымъ шаромъ, заставятъ приблизиться къ этому шару шаръ болѣе легкій. Каждая молекула тѣла должна вызвать въ свою очередь подобныя же вихревыя движенія вокругъ себя.

Изъ этихъ соображеній вытекаетъ, что вокругъ насъ безпрерывно падаетъ частый градъ первичныхъ атомовъ, пронизывающихъ собой всѣ извѣстные намъ предметы. Въ толстостѣнной, со всѣхъ сторонъ запаянной стекляной трубкѣ, куда съ помощью имѣющихся у насъ въ распоряженіи механическихъ средствъ мы не въ состояніи ввести даже ничтожной доли какого-бы то ни было вещества, тѣла падаютъ съ той же быстротой, что и на открытомъ мѣстѣ. Но съ тѣхъ поръ, какъ мы знаемъ, что между молекулами извѣстныхъ намъ веществъ есть промежутки, существованіемъ которыхъ объясняются сжимаемость и упругость вещества, насъ такого рода обстоятельство особенно уже не удивляетъ. Отмѣченный нами фактъ указываетъ лишь на то, что промежутки эти, по сравненію съ молекулами, малы, а по сравненію съ первичными атомами являются величинами значительными; молекулы же, по сравненію съ такими атомами, могутъ

показаться уже цѣлыми мірами. Слабое представленіе о необычайной малости первичныхъ атомовъ можно составить себѣ такимъ путемъ. Извѣстно, что граммъ измельчаемаго въ порошокъ нашими механическими средствами сахара можетъ быть раздробленъ приблизительно на 150 милліоновъ сахарныхъ пылинокъ. И несмотря на это имъ до малости молекулъ сахара еще далеко. Въ микроскопъ эти сахарныя пылинки еще видны. Но если растворять сахаръ въ водѣ, то пылинки эти исчезаютъ, равномѣрно въ ней распредѣляются: дробленіе тутъ идетъ гораздо дальше. Пусть граммъ такой сахарной пыли падаетъ въ пространствѣ, которое нами принимается за пустоту; каждая изъ этихъ 150 милліоновъ пылинокъ приходитъ въ извѣстное намъ ускоренное движеніе. По ней, стало быть, ударяетъ по меньшей мѣрѣ одинъ первичный атомъ. Нашъ опытъ показываетъ, что за самый ничтожный, но замѣтный еще, промежутокъ времени съ массой грамма приходитъ въ соприкосновеніе, по крайней мѣрѣ, 150 милліоновъ первичныхъ атомовъ. Но число это слишкомъ низко; вѣдь пылинки еще не молекулы, — это, во-первыхъ, а, во-вторыхъ, учитываемъ мы тутъ не самое число ударовъ, а лишь ту разницу ихъ, которой обусловливается движеніе падающихъ тѣлъ; много другихъ ударовъ обусловливаетъ движенія космическія, въ которыхъ участвуетъ и пыль; и не менѣе велико число ударовъ взаимно уничтожающихся. Какъ богатъ, какъ многообразенъ этотъ міръ молекулъ, развертывающійся теперь предъ нашимъ умственнымъ взоромъ!

Совершенная неосязательность результатовъ, вытекающихъ изъ нашихъ недоказуемыхъ, но вполнѣ вѣроятныхъ предположеній, обязываетъ насъ къ вдвойнѣ строгой критикѣ. Мы можемъ спросить себя, какимъ образомъ первичные атомы, несмотря на свою неизмѣримо-малую величину, въ состояніи проявлять тѣ огромныя силы, которыя мы наблюдаемъ въ движеніяхъ небесныхъ свѣтилъ, какимъ образомъ эти все наполняющіе потоки атомовъ, несмотря на такое могучее дѣйствіе, остаются въ то же время для насъ совершенно незамѣтными?

Чтобы отвѣтить на это, вспомнимъ, что дѣйствіе силы пропорціонально произведенію массы на ея ускореніе (см. стр. 70). Масса небольшая, но обладающая большой скоростью, можетъ сообщить небольшую скорость большой массѣ. Остается показать, что, насколько неизмѣримо малы эти атомы-силы, настолько же неизмѣримо велика ихъ скорость. Если тяжесть обусловливается дѣйствительно ударами такихъ атомовъ, то она должна дѣйствовать на тѣла, уже движущіяся, и на тѣла, не мѣняющія своего положенія относительно тѣла, которое, повидимому, производитъ притяженіе, — неодинаково. Ударъ, который могъ быть для тѣла, находившагося въ покоѣ, центральнымъ, будетъ боковымъ для тѣла движущагося. Сила разложится на двѣ составляющія, и отношеніе ихъ будетъ равно отношенію обѣихъ скоростей. Меркурій движется по своей орбитѣ скорѣе, нежели планеты, болѣе отъ насъ удаленныя. Оставляя пока въ сторонѣ всѣ остальныя дѣйствія тяготѣнія, мы, стало быть, должны сказать, что солнце притягиваетъ Меркурій не такъ сильно, какъ остальныя планеты той же системы; это могло бы въ движеніи его обнаружиться, но наблюденія показываютъ, что, если есть какія-нибудь особенности въ его движеніи, то онѣ неуловимо малы. Уклоненія въ движеніи Меркурія есть (см. „Мірозданіе", стр. 608), но утверждать съ увѣренностью, что они объясняются указанной выше причиной, еще нельзя. Можно опредѣлить низшій предѣлъ отношенія скорости этихъ силовыхъ атомовъ къ скорости Меркурія на его орбитѣ: оказывается, что скорость, съ какой первичные атомы прорѣзываютъ пространство, равна по меньшей мѣрѣ скорости свѣта, то есть приблизительно 300,000 км. въ секунду. Чтобы составить себѣ понятіе о той огромной энергіи, которая связывается съ такого рода скоростями, представимъ себѣ, что атомъ, по величинѣ равный ружейной пулѣ, летящій съ такой скоростью, попадаетъ въ желѣзнодорожный поѣздъ; и поѣздъ, и атомъ пусть будутъ другъ для друга совершенно непроницаемы, то есть абсолютно тверды. Пусть въ поѣздѣ будетъ 10 вагоновъ, каждый вѣсомъ въ 20,000 кг. Пуля вѣситъ у насъ 20 гр., стало быть, масса ея меньше массы поѣзда въ 10 милліоновъ разъ. Пуля, ударившись въ поѣздъ, приведетъ въ движеніе массу, которая больше собственной

ея массы въ 10 милліоновъ разъ, а потому сообщаемая поѣзду скорость будетъ меньше скорости пули въ 10 милліоновъ разъ. Въ началѣ пуля движется со скоростью свѣта, то есть проходитъ 300.000,000 метровъ въ секунду. Раздѣливъ эту скорость на 10 милліоновъ, мы видимъ, что несущаяся со скоростью свѣта пуля привела бы поѣздъ, состоявшій изъ десяти вагоновъ, въ движеніе; поѣздъ сталъ бы проходить 30 м. въ секунду: скорость немалая и для курьерскаго поѣзда. Конечно, масса первичнаго атома неизмѣримо меньше массы нашей пули, но зато въ единицу времени такихъ атомовъ ударяется о тѣло безчисленное множество, а этимъ уже значительность размѣровъ видимыхъ нами дѣйствій объясняется вполнѣ.

На первый взглядъ, можетъ показаться непонятнымъ, какъ такой дождь атомовъ можетъ оставаться для насъ совершенно незамѣтнымъ, но стоитъ вникнуть во всѣ обстоятельства, и сомнѣніе разъясняется. Въ самомъ дѣлѣ, то, что остается въ трубкѣ, изъ которой выкачанъ воздухъ, должно быть невѣсомо именно потому, что движеніями этого чего-то обусловливаются сами явленія тяжести; но это „нѣчто" не невидимо; свѣтъ проходитъ сквозь трубку, темноты не получается, и потому то, что находится въ ней, приходится признать, по меньшей мѣрѣ, носителемъ свѣта. Къ этому и другимъ свойствамъ, повидимому, пустого пространства въ послѣдующихъ главахъ мы еще вернемся. Сами мы ощущаемъ дѣйствія потока атомовъ подъ видомъ давленія нашей собственной тяжести, часто весьма замѣтнаго.

Параллелью процессамъ, совершающимся, согласно проводимой нами точкѣ зрѣнія, вокругъ молекулы, можетъ служить паденіе на землю милліоновъ падающихъ звѣздъ, осыпающихъ ее каждый день со всѣхъ сторонъ. Земля — это молекула, а падающія звѣзды — наши первичные атомы. Если онѣ падаютъ на землю со всѣхъ сторонъ, то на движеніе ея по ея орбитѣ вліянія не оказываютъ. Но если мы встрѣчаемся съ какимъ-нибудь особеннымъ потокомъ метеоровъ, то онъ измѣняетъ обычное движеніе планеты. И точно такимъ же образомъ сказывается дѣйствіе особеннаго потока первичныхъ атомовъ, присоединившагося къ главному потоку. Конечно, отъ прибавленія къ землѣ метеоровъ, вѣсящихъ хотя бы немного граммовъ, масса ея увеличивается, а масса потока въ свою очередь уменьшается, но величины, съ которыми мы имѣемъ тутъ дѣло, такъ ничтожны, что измѣрить ихъ до сихъ поръ невозможно. По той же причинѣ мы не замѣчаемъ тѣхъ поправокъ, которыя слѣдовало бы внести въ извѣстные намъ уже законы тяжести, если только вѣренъ проводимый нами взглядъ на сущность тяготѣнія.

Въ частности, намъ удалось бы показать, что тѣла для тяготѣнія не вполнѣ проницаемы: молекулы должны задерживать часть атомовъ-силъ, на подобіе того, какъ кометы и метеориты, попадающіе изъ вселенной въ сферу солнечной системы, подъ ея вліяніемъ превращаются въ періодическія кометы и рои падающихъ звѣздъ. Но для молекулярныхъ міровъ, оставшихся позади нихъ, они потеряны. Описанный процессъ долженъ вызвать непрестанное возрастаніе уже имѣющихся скопленій матеріи. Каждая молекула, каждое такое тѣло, какъ солнце, должно постоянно расти, причемъ будетъ казаться, что растутъ эти тѣла изъ себя: мы не можемъ приписать это возрастаніе ни одной изъ видимыхъ нами массъ. Такъ это или нѣтъ, будетъ рѣшено уже въ послѣдующія столѣтія по наблюденіямъ надъ міровыми свѣтилами, надъ предметами, подлежащими изслѣдованію физиковъ, и надъ тѣми оберегаемыми со всей заботливостью отъ всѣхъ прочихъ вліяній образцовыми мѣрами, которыя хранятся въ Парижѣ, согласно постановленію международной коммиссіи.

Въ ограниченной со всѣхъ сторонъ части вселенной, то есть такой части ея, которую можно считать совершенно отрѣзанной отъ остальныхъ частей, гдѣ можетъ быть лишь опредѣленное количество матеріи, иначе, ограниченное число первичныхъ атомовъ, должно происходить, какъ это неминуемо вытекаетъ изъ нашихъ предположеній, непрерывное уменьшеніе скорости всѣхъ этихъ массъ; взамѣнъ нея получатся другія формы движенія: вращательное движеніе, движеніе по орбитамъ вокругъ относительно неподвижныхъ массъ, какъ вокругъ центра и т. д. Происходитъ непрерывный переходъ одной формы явленія въ другую, чрезвы-

чайно другъ отъ друга отличающіяся. Переходъ этотъ можетъ совершаться всегда лишь въ одномъ направленіи. Такъ называемая живая сила, или кинетическая энергія атомовъ-силъ, съ огромной быстротой летящихъ въ пространствѣ, какъ таковая, мало-по-малу теряется. Она переходитъ въ движенія по замкнутымъ орбитамъ; мы наблюдаемъ эти движенія въ большихъ размѣрахъ — это обращенія по орбитамъ небесныхъ свѣтилъ въ ихъ системахъ; въ масштабѣ чрезвычайно маломъ, — въ мірѣ молекулъ, — существованіе ихъ мы только предполагаемъ. Что же касается до случаевъ подобныхъ движеній, лежащихъ по размѣрамъ своимъ между этими предѣльными случаями, то не наблюдаемъ мы ихъ лишь потому, что этому мѣшаетъ дѣйствіе притяженія, производимаго земнымъ шаромъ. Если бы брошенный камень или пылинка могли продолжать свой путь безпрепятственно, то мы имѣли бы какъ разъ тѣ случаи движеній, которыхъ теперь у насъ недостаетъ.

Разъ такія мельчайшія движенія молекулами дѣйствительно совершаются, то въ нѣкоторыхъ случаяхъ они будутъ имѣть результатомъ видимую для насъ работу. Припомнимъ, что въ нашихъ опытахъ съ упругостью такъ это и было. Сила тутъ не исчезаетъ, она лишь принимаетъ другую форму, и въ этомъ видѣ, при обыкновенныхъ условіяхъ, мы ея не замѣчаемъ. Не останавливаясь на вопросѣ о томъ, представляетъ ли она въ этомъ случаѣ своего рода движеніе, — объ этомъ судить мы будемъ имѣть возможность лишь потомъ, имѣя необходимый запасъ свѣдѣній, — дадимъ, какъ это дѣлаютъ физики, такому состоянію названіе запаса работы, или потенціальной энергіи.

Итакъ, изъ нашихъ предположеній слѣдуетъ, что въ системѣ тѣлъ, стоящихъ совершенно внѣ какихъ бы то ни было внѣшнихъ воздѣйствій, будетъ происходить постоянный переходъ кинетической энергіи въ потенціальную, живой силы — въ запасъ работы; обратный переходъ немыслимъ. Если мы къ тому же допустимъ, что въ мірѣ молекулъ происходятъ совершенно такія же движенія, какія совершаются міровыми свѣтилами, то мы увидимъ, что движенія такого обособленнаго отъ остального міра скопленія атомовъ матеріи и силъ представятся намъ въ видѣ непрерывной лѣстницы, причемъ болѣе значительныя скопленія атомовъ матеріи, какія мы имѣемъ въ міровыхъ свѣтилахъ, совершаютъ всегда и движенія болѣе медленныя. Въ концѣ концовъ, когда всѣ атомы соединятся, долженъ наступить совершенный покой. Эта неподвижность была бы для такой міровой системы равносильна вѣчной смерти. Соображенія этого рода, правда въ другой формѣ (мы займемся ими потомъ), доставили физикамъ и другимъ естествоиспытателямъ много хлопотъ. Если такая полная смерть ждетъ каждую отдѣльную часть вселенной, то отъ нея не уйти и цѣлому. Но свѣтъ существуетъ съ вѣчныхъ временъ, и до нашихъ дней такое состояніе должно было бы уже наступить. Къ счастью, этого нѣтъ, а потому въ нашемъ разсужденіи есть какой-то недочетъ.

Въ самомъ дѣлѣ, мы безъ труда видимъ, что мы совершили погрѣшность противъ перваго своего основного положенія, не позволяющаго намъ вводить въ наши разсужденія допущенія, которыхъ нельзя было бы провѣрить наблюденіемъ. Такимъ допущеніемъ является наше предположеніе обособленности системы. Намъ никогда не удается уединить тѣло настолько, чтобы оно не подвергалось уже никакимъ дѣйствіямъ извнѣ. Каждое тѣло вселенной дѣйствуетъ на всѣ остальныя тѣла, что, съ точки зрѣнія нашихъ основныхъ представленій, представится такъ: изъ безконечно далекихъ частей мірового пространства несутся къ намъ первичные атомы: неизмѣримо большое число ихъ было уже въ соприкосновеніи съ находящимися тамъ міровыми свѣтилами; теперь, долетѣвъ до насъ, они переносятъ на насъ дѣйствіе этихъ свѣтилъ. Въ свои гигантскіе телескопы мы видимъ свѣтила, настолько отъ насъ далекія, что, если-бъ атомъ обладалъ даже скоростью свѣта, все же ему пришлось бы летѣть отъ свѣтила къ намъ цѣлыя тысячи лѣтъ. Но свѣтъ, исходящій изъ свѣтила, мы видимъ постоянно, а потому атомы, входящіе въ сферу дѣйствія этого тѣла, тѣ, стало быть, атомы, которые образуютъ между нимъ и нами непрерывную цѣпь дѣйствій, должны падать на насъ непрекращающимся дождемъ; замѣчаніе это распространяется на всѣ тѣ сотни милліоновъ звѣздъ, которыми наполнены, какъ мы знаемъ, небесныя

пространства. Приходятъ атомы къ намъ съ разстояній неизмѣримо болѣе далекихъ, но нашими грубыми чувствами ихъ дѣйствія уже не воспринимаются. Въ познаваніи нашемъ нѣтъ никакихъ разрывовъ. Первичные атомы эти присоединяются къ массѣ свѣтилъ, стало быть, размѣры свѣтилъ и запасъ ихъ работоспособности увеличиваются, но при этомъ не уменьшаются ни число дѣйствующихъ на нихъ первичныхъ атомовъ, ни величина живой силы.

Какіе выводы о безконечномъ существованіи до и послѣ насъ и о безпредѣльности пространства могутъ быть сдѣланы отсюда, насъ ни мало не занимаетъ. Мы знаемъ, что такого рода разсужденія грозятъ намъ неминуемыми противорѣчіями. Такого послѣдовательнаго исключенія понятія совершенной безконечности мы не видимъ у нѣкоторыхъ изслѣдователей; основываясь на томъ, что переходъ одной формы энергіи въ другую не всегда и не во всѣхъ случаяхъ возможенъ и что настоящихъ круговыхъ процессовъ въ мірѣ не существуетъ, они желаютъ доказать, что сила вселенной должна въ концѣ концовъ исчерпаться.

Въ послѣдующихъ главахъ мы будемъ заниматься явленіями матеріальнаго міра, отмѣчая при этомъ, насколько ими подтверждаются выставленныя нами основоположенія.

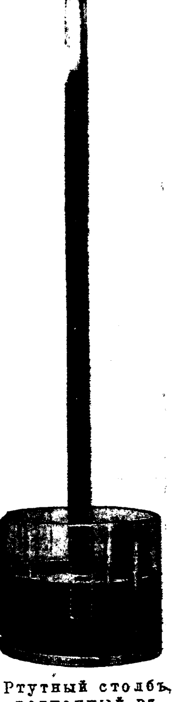
5. Молекулярныя силы и аггрегатныя состоянія.

Все, сказанное до сихъ поръ, должно было постепенно освоить насъ съ мыслью, что всякаго рода матерія, будь она въ твердомъ, жидкомъ или газообразномъ состояніи, состоитъ изъ безпорядочнаго скопленія твердыхъ тѣлецъ, которыя движутся въ отведенныхъ имъ предѣлахъ такъ, какъ свѣтила въ пространствахъ небесныхъ. Если мы примемъ во вниманіе, что механическая теорія движеній небесныхъ свѣтилъ, которая является величайшимъ тріумфомъ силы человѣческой мысли, въ состояніи предсказывать дѣйствіе другъ на друга не болѣе, чѣмъ трехъ тѣлъ, да и то не во всѣхъ случаяхъ, то мы поймемъ, на какія трудности наталкивается теоретическая физика въ области молекулярныхъ дѣйствій, гдѣ переплетаются всевозможнѣйшими способами цѣлые млечные пути атомовъ съ ихъ системами планетъ-молекулъ. Одинъ математическій анализъ можетъ быть ключемъ къ правильному разрѣшенію вопроса о свойствахъ этого совершенно невидимаго міра частицъ, но въ этой тьмѣ съ помощью анализа сдѣланы лишь первые шаги: мы видимъ лишь совокупность дѣйствій этого несомнѣнно необычайно многообразнаго міра атомовъ, только отъ этой совокупности дѣйствій можетъ отправиться наше изслѣдованіе, но затѣмъ она должна быть разбита на дѣйствія отдѣльныя. Вотъ почему теперь въ свои разсужденія мы часто будемъ вносить такого рода ограниченіе: мы будемъ искать законы лишь этой совокупности дѣйствій, мы будемъ искать связи лишь между этими сложными явленіями, которыя на первый взглядъ не имѣютъ ничего общаго съ предполагаемыми дѣйствіями отдѣльныхъ атомовъ. Чѣмъ болѣе будетъ углубляться наше изслѣдованіе въ разборъ отдѣльныхъ явленій, тѣмъ болѣе будетъ утрачиваться у насъ представленіе о связи между ними и предполагаемыми въ частичномъ мірѣ процессами. Только потомъ общій обзоръ найденныхъ нами законовъ возстановитъ предъ нами картину внутренняго единства всѣхъ явленій и вытекающей отсюда зависимости ихъ отъ простыхъ дѣйствій атомовъ.

Изъ всѣхъ скопленій матеріи, доступныхъ изслѣдованію физика, наибольшую свободу движеніямъ частицъ предоставляютъ газы; въ силу этого здѣсь движенія эти будутъ наименѣе сложны, а потому всего удобнѣе изучать ихъ въ газахъ.

Прежде всего, мы замѣчаемъ, что газы производятъ на предметы, въ которые они заключены или которые они собой окружаютъ, давленіе по всѣмъ направленіямъ. Мы знаемъ это по разнообразнымъ и въ значительной степени общеизвѣстнымъ явленіямъ давленія воздушнаго. Надъ нами колышется неизвѣстной высоты воздушное море, которое мало-по-малу расплывается въ пустотѣ такъ называемаго безвоздушнаго мірового пространства. Но, не взирая на это, мы можемъ точно опредѣлить вѣсъ воздушнаго столба опредѣленнаго сѣченія, который

кончается собственно гдѣ-то въ безконечности, по давленію, оказываемому имъ на поверхности земли или въ какомъ-нибудь другомъ мѣстѣ, куда мы можемъ проникнуть. Давленіе воздуха, которое направлено во всѣ стороны, намъ придется замѣнить для этой цѣли давленіемъ въ одномъ направленіи. Дѣлается это такъ: берутъ стеклянную трубку достаточной длины, запаянную съ одного конца, и наполняютъ ее до краевъ какой-нибудь тяжелой жидкостью, напримѣръ, ртутью: воздухъ теперь совершенно вытѣсненъ, и мы погружаемъ трубку открытымъ концомъ въ сосудъ съ ртутью (см. рисунокъ на стр. 103). Если поставить трубку прямо, то столбъ ртути подастся отъ закрытаго конца нѣсколько внизъ, оставляя за собой безвоздушное пространство, но давленіе воздуха, которое въ открытой чашкѣ дѣйствуетъ на столбъ снизу, препятствуетъ дальнѣйшему вытеканію ртути. Стекло непроницаемо для воздуха, а потому воздушное давленіе можетъ передаваться ртути не черезъ верхній запаянный конецъ, а исключительно черезъ нижній, открытый. Тяжелая жидкость подымется въ трубкѣ, считая отъ этого конца, какъ разъ на ту высоту, которая необходима для того, чтобы въ точности уравновѣсить давленіе воздуха на открытую часть сосуда. Оказывается, что при нормальныхъ условіяхъ это бываетъ тогда, когда ртутный столбъ достигнетъ высоты въ 760 мм. Отсюда имѣемъ простой инструментъ, барометръ, измѣритель вѣса воздушнаго столба (см. рисунокъ на стр. 104). На первомъ рисункѣ этотъ инструментъ изображенъ въ его простѣйшей формѣ; на другомъ рисункѣ мы видимъ чашку для ртути въ барометрѣ, предназначенномъ для точныхъ измѣреній: остріе, помѣщаемое на уровнѣ ртути и видимое глазомъ, позволяетъ устанавливать шкалу, служащую для отсчета, въ точности всегда на одномъ и томъ же разстояніи отъ уровня ртути (см. рисунокъ на стр. 105). Показанія барометра, какъ извѣстно, постоянно претерпѣваютъ измѣненія. Часто бываетъ такъ, что въ двухъ мѣстахъ, лежащихъ рядомъ, воздухъ имѣетъ далеко не одинаковый вѣсъ, и вотъ изъ того мѣста, гдѣ онъ тяжеле, онъ стекаетъ въ мѣста меньшаго вѣса или меньшаго давленія, результатомъ чего бываютъ вѣтры.

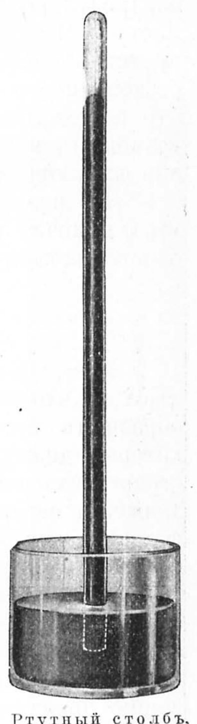


Ртутный столбъ, вогнанный въ трубку давленіемъ воздуха. См. текстъ, стр. 103.

Всѣ тѣ разнообразныя явленія, которыми занимается метеорологія, находятся въ связи съ тѣмъ или другимъ состояніемъ воздушнаго океана; зависимость развитія и процвѣтанія всей жизни на землѣ отъ этихъ состояній воздуха намъ хорошо извѣстна. Мы знаемъ, что есть растенія, показывающія погоду и какъ барометръ отвѣчающія на всѣ измѣненія воздушнаго давленія. Это нормальное давленіе воздуха въ 760 мм. для практическихъ цѣлей служитъ единицей; ее называютъ „атмосферой“.

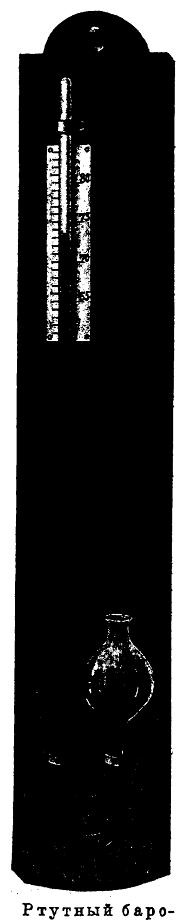
Если въ описанномъ выше опытѣ взять вмѣсто ртути воду, то необходимая для этого опыта трубка должна быть длиннѣе прежней во столько разъ, во сколько разъ вода легче ртути. Оказывается, что для того, чтобы такая трубка при нормальныхъ условіяхъ давленія была бы наполнена водой до верху, необходимо, чтобы длина ея была равна 10,33 м. Отсюда слѣдуетъ, что ртуть въ 10,33 : 0,76 тяжеле воды, или что удѣльный вѣсъ ея равняется 13,6. Совершенно такое же число получается путемъ прямого взвѣшиванія, а потому барометромъ въ этомъ случаѣ можно бы пользоваться какъ настоящими вѣсами.

Мы видѣли, что кубическій дециметръ воды вѣситъ 1 кгр.; поэтому столбъ воды въ только-что описанномъ нами водяномъ барометрѣ, при сѣченіи трубки въ 1 квадратный дециметръ, долженъ вѣсить 103,3 кгр., и какъ разъ столько же будетъ вѣсить воздушный столбъ, простирающійся отъ открытаго конца барометра до невѣдомыхъ намъ предѣловъ атмосферы. Можно принять, что наибольшее горизонтальное сѣченіе человѣка, стоящаго прямо, равняется приблизительно 12 квадратнымъ дециметрамъ; и если бы воздухъ давилъ на тѣло только съ одной стороны, — сверху, то намъ пришлось бы постоянно носить на своихъ плечахъ



Ртутный столбъ, вогнанный въ трубку давленіемъ воздуха.
См. текстъ, стр. 103.

грузъ въ 1250 кгр., или 25 центнеровъ. Но воздухъ окружаетъ тѣло со всѣхъ сторонъ, и внутри тѣла давленіе воздуха дѣйствуетъ съ одной и той же силой на обѣ стороны тончайшей ткани, а потому никакими движеніями не сопровождается; не будетъ разрыва тканей, мускулы не будутъ отягчены при движеніи членовъ въ воздухѣ лишней работой, и самое большее, что приходится сдѣлать, это вытѣснить тотъ объемъ воздуха, который занятъ тѣломъ. Природа позаботилась о томъ, чтобы при помощи этого давленія значительно облегчить работу нѣкоторымъ мускуламъ. Одинъ изъ подобныхъ интересныхъ случаевъ мы теперь опишемъ. Наши ноги предназначены для ношенія всего остального тѣла; въ силу этого онѣ должны быть прочно построены и потому имѣютъ значительный вѣсъ. Сухожилія, то есть мускулы, прикрѣпляющіе ногу къ тазу, должны были бы подымать ее при каждомъ шагѣ съ земли, если бы вся нога со всѣхъ сторонъ испытывала давленіе воздуха. Но бедренная кость соединена съ тазомъ вертлужнымъ сочлененіемъ такимъ образомъ, что между ними вовсе нѣтъ воздуха и, несмотря на всю свою подвижность, она пристаетъ плотно къ тазу даже тогда, когда поднята (см. рисунокъ на стр. 106). Вѣсъ ея теперь ложится на остальную часть скелета, то есть на другую упирающуюся въ землю ногу, и мускулу, соединяющему свободную ногу съ тазомъ, придется затрачивать работу лишь на приведеніе ноги въ движеніе, работы же на поднятіе ноги отъ него не потребуется. Объясняется это тѣмъ, что въ нашемъ случаѣ давленіе воздуха, прижимающее ногу къ вертлужной впадинѣ, дѣйствуетъ лишь съ одной стороны, снизу. Въ справедливости этого соображенія удостовѣрились на трупахъ. Если перерѣзать на трупѣ мускулъ, придерживающій ногу, то она будетъ продолжать висѣть на тазу, но стоитъ только просверлить въ тазу отверстіе въ вертлужную впадину и дать такимъ образомъ доступъ давленію воздуха сверху, и нога тотчасъ отпадаетъ. Въ свою очередь, и соотвѣтственные мускулы руки также свободны отъ ея тяжести.

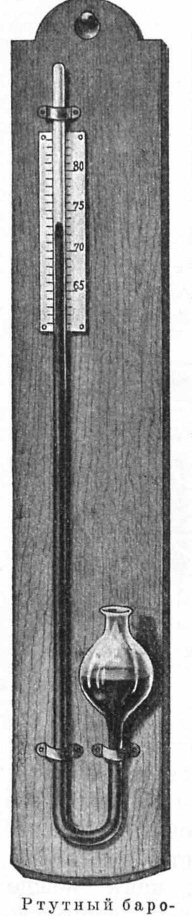


Ртутный барометръ.
См. текстъ, стр. 103.

Описанный выше барометръ былъ изобрѣтенъ италіанскимъ физикомъ Торричелли. При устройствѣ глубокаго колодца онъ напалъ на мысль, которая привела къ изобрѣтенію этого инструмента; теперь при помощи его цѣлая наука, метеорологія, производитъ наиболѣе важныя свои изслѣдованія. Этотъ колодецъ въ глубину былъ больше 30 футовъ; въ него опустили всасывающій насосъ, которымъ, несмотря на безукоризненность его дѣйствія, можно было поднять воду лишь на 28 футовъ, то есть на высоту водяного барометра при нормальныхъ условіяхъ. Чтобы поднять воду выше, надо устроить вмѣсто всасывающаго насоса трубу съ клапаномъ. Воду, находящуюся надъ поршнемъ, можно уже будетъ поднять имъ, какъ всякую другую тяжесть, до какой угодно высоты.

Раньше думали, что сосуды описанной формы заполняются доверху потому, что природа вообще не терпитъ пустоты. „Horror vacui“ былъ принципомъ того времени. Но когда была открыта надъ барометрическимъ ртутнымъ столбомъ торричелліева пустота, которая надъ столбомъ въ 760 мм. можетъ идти вверхъ какъ угодно далеко, совершенно не оказывая дѣйствія на этотъ столбъ въ смыслѣ дальнѣйшаго увеличенія его высоты, то, разумѣется, принципъ этотъ уцѣлѣть не могъ. Надъ ртутью получили дѣйствительно совершенно свободное отъ вѣсомой матеріи пространство, чего дѣлать раньше не умѣли.

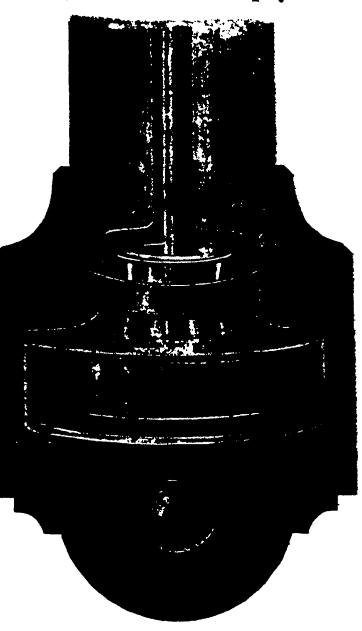
Есть и другой исторически извѣстный опытъ, обнаруживающій силу воздушнаго давленія, дѣйствующаго со всѣхъ сторонъ, — опытъ съ такъ называемыми магдебургскими полушаріями Отто фонъ Герике. Отто фонъ Герике выкачивалъ воздухъ изъ двухъ большихъ желѣзныхъ и тщательно пришлифованныхъ полыхъ полушарій воздушнымъ насосомъ. Запряженныя съ обѣихъ сторонъ ло-



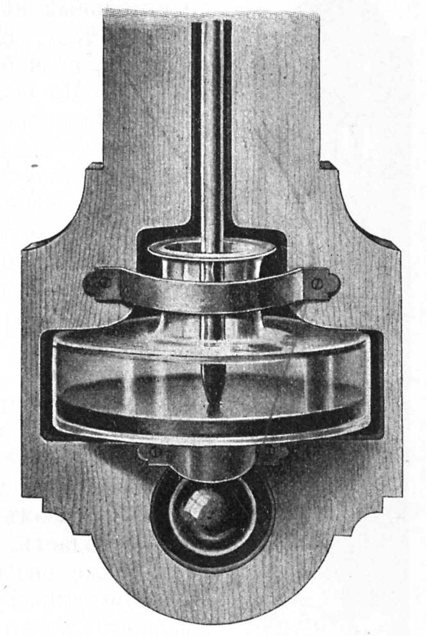
Ртутный барометръ.
См. текстъ, стр. 103.

шади не могли оторвать полушарій другъ отъ друга, но стоило снова впустить въ нихъ воздухъ, и они сами собой распадались (см. рисунокъ на стр. 107).

На томъ же дѣйствіи основано устройство коробочнаго барометра, анероида. Изъ плоской коробки, сдѣланной изъ тонкой жести, на нашемъ рисункѣ на стр. 108 обозначенной буквой b, выкачиваютъ воздухъ. Давленіе воздуха, дѣйствующее снаружи на стѣнки коробки, сгибаетъ ихъ такъ, какъ согнулъ бы положенный на нихъ грузъ. Но вѣсъ воздуха измѣняется, а потому будетъ претерпѣвать измѣненіе и гнутіе стѣнокъ коробки; при помощи подвижного рычажка оно передастся стрѣлкѣ, которая своимъ движеніемъ будетъ показывать барометрическое состояніе съ такой же точностью, какъ высота ртутнаго столба въ барометрѣ съ трубкой. Что воздухъ давитъ и при томъ со всѣхъ сторонъ, можно съ большой отчетливостью усмотрѣть изъ того факта, что свободно носящаяся въ немъ жидкость, напримѣръ, водяная капля, принимаетъ шарообразную форму; объясняется это тѣмъ, что изъ всѣхъ поверхностей, какими можетъ быть ограничено тѣло, испытывающее это давленіе, наименьшей будетъ шаровая. Конечно, на это можно возразить, что жидкія тѣла принимаютъ шарообразную форму и въ такъ называемой пустотѣ, и происходитъ это благодаря внутреннему притяженію частицъ, ихъ массы. Но съ точки зрѣнія, проводимой нами теперь, оба процесса представляютъ собой въ сущности одно и то же. Округленіе и уплотненіе міровыхъ свѣтилъ является результатомъ тѣхъ самыхъ падающихъ со всѣхъ сторонъ на нихъ ударовъ атомовъ, которыми обусловливается тяготѣніе. На явленіе это можно смотрѣть какъ на результатъ давленія эѳира. Кромѣ того, мы можемъ принять, что водяная капля въ воздухѣ или капля масла въ алкоголѣ, имѣющемъ одинаковый съ масломъ удѣльный вѣсъ, предоставлены дѣйствію ударовъ попадающихъ въ нихъ частицъ воздуха въ первомъ случаѣ и частицъ масла — во второмъ, въ общей суммѣ слагающихся въ такое давленіе. Въ эѳирѣ, въ газахъ, въ жидкостяхъ и даже въ твердыхъ тѣлахъ мы видимъ явленія одного и того же рода; но побочныя явленія вносятъ въ нихъ постепенно тѣ или другія измѣненія или даже совершенно мѣняютъ ихъ характеръ, что объясняется все большимъ и большимъ сближеніемъ частицъ массы. Такія побочныя явленія можно назвать общимъ именемъ внутренняго тренія, дѣйствіе котораго усматривается повсюду даже въ міровомъ эѳирѣ. Подобно тому, какъ можно было показать, что небесное пространство не совершенно прозрачно и что есть такая опредѣленная грань (теперь найти ее еще совершенно невозможно), за которой мы не въ состояніи увидѣть уже ни одного мірового свѣтила, такъ нѣкогда найдутъ, что есть граница и для силы тяжести, что дѣйствіе ея убываетъ скорѣе, чѣмъ слѣдовало бы по закону квадратовъ разстояній, потому что даже въ свободномъ пространствѣ возможно случайное столкновеніе атомовъ эѳира, а это должно ослабить ихъ дѣйствіе, которымъ обусловливается тяготѣніе. Вмѣстѣ съ молекулами газа должно находиться сравнительно много атомовъ эѳира, и, благодаря этому, огромная ихъ первоначальная скорость должна значительно уменьшиться. Но пока они не совершаютъ другъ около друга вращательныхъ движеній, взаимно другъ на друга они не дѣйствуютъ. Каждая молекула, какъ свободный атомъ, движется равномѣрно и прямолинейно до тѣхъ поръ, пока не столкнется на своемъ пути съ другой молекулой. Это доказывается слѣдующими опытами.



Барометрическая чашка.
См. текстъ, стр. 103.

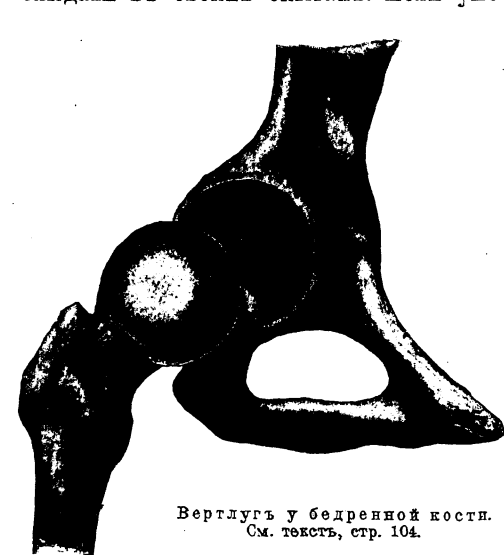


Барометрическая чашка.
См. текстъ, стр. 103.

Каждый газъ, предоставленный самому себѣ, заполняетъ отведенное ему пространство равномѣрно; онъ разсѣивается въ свободномъ пространствѣ, если этому не мѣшаетъ, какъ въ случаѣ нашей атмоферы, притяженіе какого-нибудь большого тѣла. Это разсѣяніе является послѣдствіемъ прямолинейныхъ движеній отдѣльныхъ частичекъ газа, не встрѣчающихъ въ свободномъ пространствѣ никакихъ препятствій. Благодаря этому, два или болѣе газовъ совершенно проникаютъ другъ въ друга, взаимно диффундируютъ, какъ говорятъ, и диффузія эта совершается тѣмъ легче, чѣмъ меньше плотность или удѣльный вѣсъ газовъ. Съ точки зрѣнія основной нашей гипотезы, такъ это и должно быть. Если бы движеніе молекулъ газа встрѣчало препятствіе въ непроницаемыхъ для нихъ стѣнкахъ сосуда, то матеріальныя частицы эти отскочили бы отъ стѣнокъ обратно. Отразившись онѣ продолжали бы двигаться прямолинейно, но въ другомъ направленіи, до тѣхъ поръ, пока не встрѣтили бы на своемъ пути другой стѣнки, и такимъ образомъ онѣ должны были бы начать носиться въ сосудѣ по всѣмъ направленіямъ. Эти удары о стѣнки, производимые молекулами черезъ одни и тѣ же промежутки времени, и даютъ то направленное во всѣ стороны давленіе, которое мы наблюдали въ своихъ опытахъ. Если уменьшить объемъ сосуда, не мѣняя количества взятаго нами газа, то путь отъ одной стѣнки сосуда до другой станетъ короче, и потому частицы газа за одинаковый промежутокъ времени тутъ могутъ пройти туда и назадъ бо́льшее число разъ, чѣмъ въ большомъ сосудѣ. Удары будутъ повторяться чаще, и обусловливаемое ими давленіе на стѣнки соотвѣтственно возрастетъ. Путемъ несложнаго теоретическаго разсчета можно показать, что при наличности нашихъ предположеній между приростомъ давленія и уменьшеніемъ объема должна существовать строгая пропорціональность, иначе говоря, **давленіе опредѣленнаго количества газа обратно пропорціонально его объему**. Такъ мы пришли къ извѣстному закону **Бойля - Маріотта**; онъ является необходимымъ слѣдствіемъ нашихъ основныхъ воззрѣній на строеніе матеріальнаго міра. Законъ Бойля-Маріотта въ точности подтверждается наблюденіемъ, если не говорить о давленіяхъ исключительныхъ, при которыхъ усматриваются отклоненія отъ этого закона; но, при болѣе подробномъ изученіи явленія, оказывается, что этими уклоненіями еще больше подтверждаются проводимые нами взгляды.



Бедренная кость, удерживаемая въ тазу давленіемъ воздуха. См. текстъ, стр. 104.

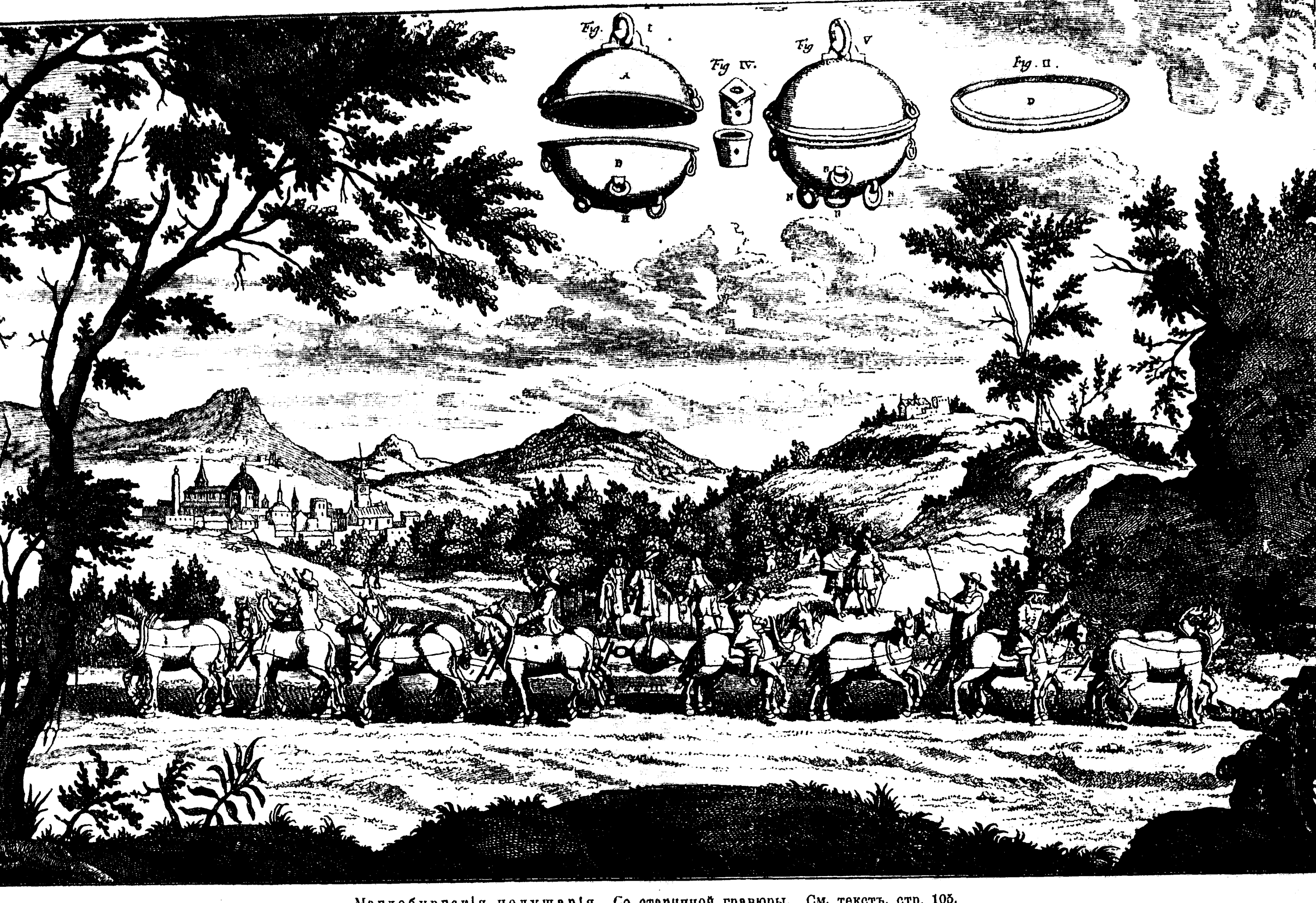


Вертлугъ у бедренной кости. См. текстъ, стр. 104.

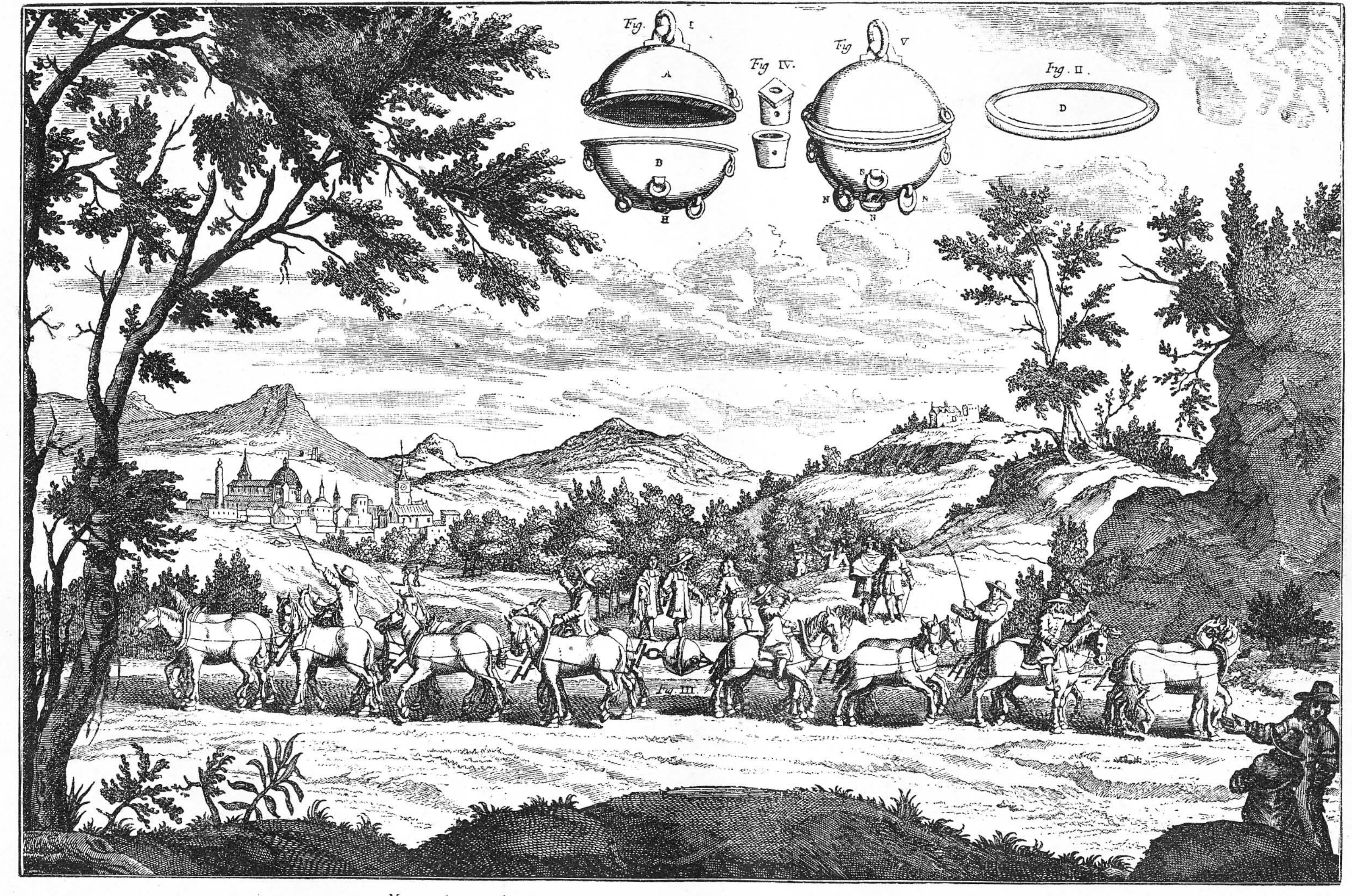
Иначе законъ Бойля-Маріотта можно выразить еще такъ: для каждаго

Бедренная кость, удерживаемая въ тазу давленіемъ воздуха. См. текстъ, стр. 104.

Вертлугъ у бедренной кости. См. текстъ, стр. 104.

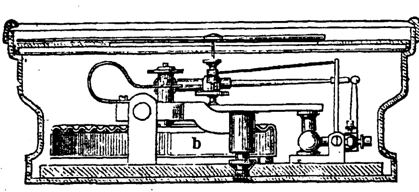


Магдебургскія полушарія. Со старинной гравюры. См. текстъ, стр. 105.

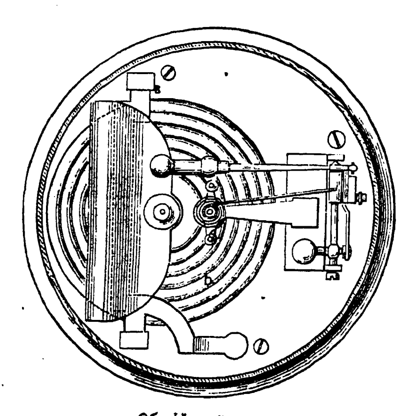


Магдебургскія полушарія. Со старинной гравюры. См. текстъ, стр. 105.

газа произведеніе его объема на испытываемое имъ давленіе есть величина постоянная. Давленіе атмосферы можно измѣрить барометромъ, а потому, стало быть, можно найти и объемъ ея. Разъ мы знаемъ основаніе и объемъ сосуда, опредѣленіе высоты его сведется къ простой задачѣ на дѣленіе. Этимъ путемъ мы опредѣляемъ величину такъ называемой виртуальной высоты воздуха; она равна 7,99 км. Это число найдено въ томъ предположеніи, что плотность повсюду такая, какъ на поверхности земли, но, какъ извѣстно, на самомъ дѣлѣ это не такъ. Поэтому число это имѣетъ лишь теоретическое значеніе, но въ послѣдующихъ нашихъ соображеніяхъ мы имъ неоднократно пользуемся. Въ дѣйствительности, высота атмосферы, по крайней мѣрѣ, въ десять разъ больше этой.



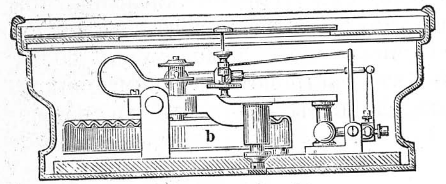
Поперечное сѣченіе.


Общій чертежъ.

Барометръ-анероидъ Нодѣ. См. текстъ, стр. 105.

Величину давленія, производимаго газомъ на стѣнку сосуда, размѣры которой извѣстны, можно опредѣлить опытнымъ путемъ и выразить въ граммахъ. Изъ основныхъ законовъ механики мы знаемъ, что дѣйствіе, производимое движущимся тѣломъ, обусловливается массой этого тѣла и его скоростью (ускореніемъ) (см. стр. 71). Положимъ, что газъ удерживаетъ своимъ давленіемъ, величину котораго мы знаемъ, гирю вѣсомъ въ одинъ граммъ, иначе подъ вліяніемъ силы тяжести гиря эта пришла бы въ движеніе. Быстрота ударовъ молекулъ газа, производящихъ это давленіе, будетъ во столько разъ больше ускоренія силы тяжести, во сколько разъ число производящихъ удары молекулъ, заключающихся въ опредѣленномъ объемѣ, меньше числа частицъ, составляющихъ въ совокупности гирю, которая служитъ противовѣсомъ давленію. Вспомнимъ нашъ примѣръ съ желѣзнодорожнымъ поѣздомъ; поѣздъ можетъ быть приведенъ въ движеніе ударомъ пули, обладающей скоростью распространенія свѣта. То или другое распредѣленіе частицъ въ одинаковыхъ объемахъ разнородныхъ веществъ характеризуется ихъ плотностью. Если принять g за единицу и въ этихъ единицахъ измѣрить давленіе газа на опредѣленной величины поверхность, если извѣстна его плотность, то, исходя изъ нашихъ прежнихъ соображеній и только-что изложенной кинетической теоріи газовъ, можно вычислить скорость частицъ этого газа. Оказывается, что скорость молекулы водорода равняется приблизительно 1,84 километрамъ въ секунду, кислорода 0,46 километрамъ, а угольной кислоты 0,39 километрамъ въ секунду. Какъ ни велики эти скорости на нашъ людской масштабъ, все же онѣ меньше скоростей свободныхъ атомовъ эѳира, вызывающихъ явленія тяготѣнія, свѣта и т. д. Разница настолько велика, что однѣ скорости больше другихъ въ сотни тысячъ разъ. Согласно нашему взгляду, то же соотношеніе должно быть и между величинами молекулъ газа и свободныхъ атомовъ эѳира. Разница между порядками этихъ величинъ та же, что между солнцемъ и землей. Отсюда мы видимъ, что частицы водорода или какого-нибудь другого газообразнаго элемента, для раздѣленія которыхъ химія практическими пріемами не обладаетъ, оказываются все же величинами очень и очень сложными. Такъ мало проникли мы еще въ наши дни въ глубь этого удивительнаго міра молекулярныхъ міровыхъ тѣлъ.

Дальнѣйшее разсмотрѣніе и изслѣдованіе свойствъ газовъ позволитъ намъ составить понятіе объ истинной величинѣ такихъ молекулъ и о разстояніяхъ между ними. Но намъ пользоваться результатами этихъ изслѣдованій не придется: тутъ, напримѣръ, получается, что діаметръ молекулы угольной кислоты

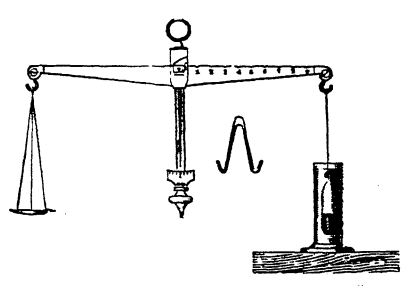


Поперечное сѣченіе.

Общій чертежъ.

Барометръ-анероидъ Нодè.
См. текстъ, стр. 105.

равняется одной четырехмилліонной долѣ миллиметра. Это число приблизительно въ тысячу разъ меньше самой короткой изъ свѣтовыхъ волнъ, производимыхъ колебаніями атомовъ эѳира, находящихся между молекулами газа. Разстояніе между двумя смежными молекулами приблизительно въ десять разъ больше ихъ діаметра; по крайней мѣрѣ, такъ бываетъ при нормальныхъ условіяхъ, то есть при давленіи въ одну атмосферу и при среднихъ температурахъ. (Потомъ мы увидимъ, что измѣненіе разстояній между молекулами въ зависимости отъ температуръ слѣдуетъ извѣстному закону). Приведенныя числа позволяютъ сдѣлать слѣдующій разсчетъ: въ одномъ кубическомъ миллиметрѣ угольной кислоты при нормальныхъ условіяхъ находится, какъ оказывается, не менѣе 58,000 билліоновъ (58×10^{15}) молекулъ. Если мы смотримъ на сосудъ съ угольной кислотой, то, благодаря ея прозрачности, намъ кажется, что въ немъ нѣтъ ничего, а между тѣмъ въ немъ носится совершенно невѣроятное число солнцъ-молекулъ, обладающихъ столь же невѣроятной скоростью, такъ что астрономъ, занимающійся изученіемъ матеріальныхъ величинъ этого порядка, могъ бы насчитать на своемъ небесномъ сводѣ величиной въ какой-нибудь квадратный миллиметръ въ тысячу разъ больше свѣтилъ, чѣмъ мы у себя на раскинувшемся у насъ надъ головами необъятномъ небѣ въ самые сильные телескопы. И если потомъ, въ дальнѣйшихъ нашихъ соображеніяхъ по поводу этого міра молекулъ, мы не сможемъ оріентироваться въ немъ съ достаточной ясностью, то мы припишемъ это богатству матеріальныхъ центровъ, движенія которыхъ мы желали бы изслѣдовать.

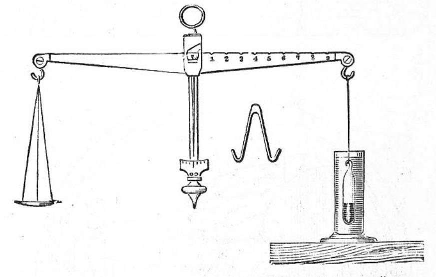


Вѣсы Мора для опредѣленія удѣльнаго вѣса твердыхъ тѣлъ. См. текстъ, стр. 110.

Но для объясненія одной группы физическихъ явленій имѣющихся у насъ представленій о характерѣ внутренняго устройства матеріи вполнѣ достаточно.

Мы знаемъ, что для очень высокихъ давленій обнаруживаются отступленія отъ закона Бойля-Маріотта, закона пропорціональной зависимости между объемомъ газа и испытываемымъ имъ давленіемъ; объ этомъ мы уже говорили на страницѣ 106. Въ этомъ случаѣ молекулы такъ сближены другъ съ другомъ, что прямолинейные пути ихъ взаимно пересѣкаются все чаще и чаще; начинаютъ образовываться такія системы молекулъ, которыя при дальнѣйшемъ сближеніи переходятъ уже въ состояніе, характеризующее жидкость. Теперь мы знаемъ, что можно обратить въ жидкость всякій газъ, но еще нѣсколько десятковъ лѣтъ тому назадъ думали, что есть такіе такъ называемые постоянные газы, которые могутъ быть только въ этомъ аггрегатномъ состояніи. Это ошибочное представленіе возникло оттого, что однимъ давленіемъ превратить въ жидкость эти газы нельзя: при обычныхъ температурныхъ условіяхъ ихъ можно сжимать лишь до нѣкотораго предѣла. Сколько дальше ни давить, давленіе будетъ встрѣчать непреодолимое препятствіе въ тѣхъ процессахъ, на которые потомъ мы будемъ смотрѣть какъ на тепловыя колебанія молекулъ. Удалось устранить это препятствіе только тогда, когда экспериментаторское искусство выработало пріемы полученія очень низкихъ температуръ. Такъ, легчайшій газъ, водородъ, обращается въ жидкость лишь при 234^0 ниже нуля и при давленіи въ 20 атмосферъ.

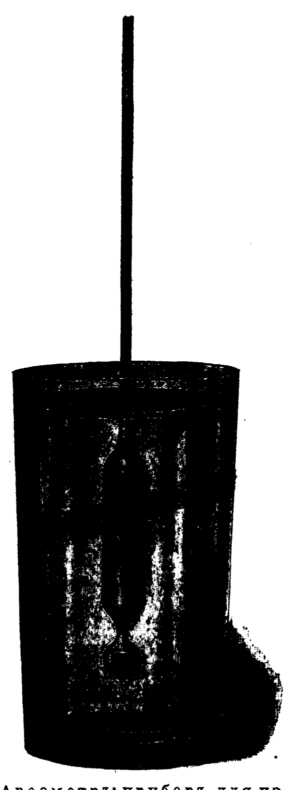
Если молекулы газа достаточно сближены соотвѣтственнымъ давленіемъ и пониженіемъ температуры, то онѣ начинаютъ другъ къ другу притягиваться и описывать кругообразныя орбиты; получается нѣчто въ родѣ планетныхъ системъ съ планетами-молекулами. Между отдѣльными системами должно однако оставаться довольно мѣста, чтобы онѣ могли свободно пройти другъ мимо друга, если къ этому ихъ принудятъ какія-либо постороннія вліянія; такое состояніе мы называемъ **жидкимъ**. Если это прохожденіе системъ другъ мимо друга при дальнѣйшемъ сближеніи ихъ оказывается уже невозможнымъ, то получается состояніе твердое; но не надо думать, что въ этомъ состояніи кругообразныя



Вѣсы Мора для опредѣленія удѣль-
наго вѣса твердыхъ тѣлъ. См. текстъ,
стр. 110.

движенія внутри молекулярныхъ системъ прекращаются или что они непремѣнно должны ослабиться.

Благодаря этой удобоподвижности системъ молекулъ въ жидкостяхъ, давленіе тутъ носитъ въ сущности совершенно тотъ же характеръ, что и въ газахъ. Чтобы возможно отчетливѣе уяснить себѣ процессы, происходящіе въ жидкостяхъ, мысленно замѣнимъ систему молекулъ собраніемъ шариковъ, напримѣръ, дробинокъ. Если-бъ онѣ представляли изъ себя сплошную массу, давленіе, производимое ими, было бы направлено исключительно на подставку. Но шарики, правда, очень незначительно, могутъ перемѣщаться по направленію другъ къ другу; поэтому тѣ изъ нихъ, которые расположатся у стѣнки сосуда, будутъ производить на нее извѣстное давленіе. Давленіе это будетъ возрастать по направленію сверху внизъ, потому что въ самомъ верхнемъ слоѣ лишь часть вѣса составляющихъ его шариковъ пойдетъ на боковое давленіе, другая же часть будетъ давить внизъ, а во второмъ ряду это давленіе перваго слоя уже прибавится къ собственному давленію его шариковъ и т. д. Если мы продѣлаемъ въ сосудѣ на разной высотѣ отверстія, то черезъ эти отверстія шарики будутъ вылетать по горизонтальному направленію и при томъ съ тѣмъ большей скоростью, чѣмъ ниже, считая отъ уровня самаго верхняго слоя, лежитъ то или другое отверстіе. Шарики, падающіе свободно, описываютъ, какъ того требуютъ законы тяжести (см. стр. 52), параболы, по размѣрамъ которыхъ мы можемъ вычислить ту или другую начальную скорость. Понятно, что взаимное треніе шариковъ должно замѣтно отзываться на чистотѣ этого явленія, но внутреннее треніе, по нашимъ воззрѣніямъ, необходимо должно быть и въ жидкостяхъ, и опытъ показалъ, что оно дѣйствительно въ нихъ существуетъ, а потому разница между жидкостью и тѣмъ, что мы имѣемъ, въ нашемъ пояснительномъ опытѣ можетъ быть только въ количественномъ отношеніи.

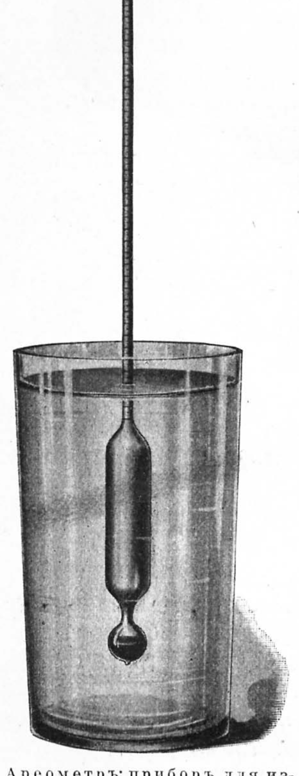


Ареометръ; приборъ для измѣренія удѣльнаго вѣса жидкостей. См. текстъ, стр. 110.

Итакъ, въ жидкости давленіе съ каждымъ послѣдовательнымъ слоемъ, считая отъ поверхности ея внизъ, возрастаетъ; къ нему прибавляется каждый разъ вѣсъ предыдущаго слоя. Окруженное жидкостью тѣло снизу испытываетъ большее давленіе, чѣмъ сверху: давленіе жидкости на нижнюю поверхность тѣла больше, чѣмъ на верхнюю. Отсюда вытекаетъ такъ называемый **принципъ Архимеда**, по которому каждое тѣло, погруженное въ жидкость, теряетъ въ своемъ вѣсѣ столько, сколько вѣситъ вытѣсненный имъ объемъ жидкости; объясняется это выталкиваніемъ тѣла вверхъ, производимымъ давленіемъ жидкости, которое становится, чѣмъ дальше вглубь, тѣмъ больше. Какъ ни элементарно доказательство этого принципа, мы его не даемъ, такъ какъ намъ по большой части придется оставаться въ области соображеній общаго характера.

Принципъ Архимеда даетъ удобный способъ для опредѣленія удѣльнаго вѣса твердыхъ тѣлъ. Для этого взвѣшиваютъ твердое тѣло два раза: одинъ разъ, какъ обыкновенно, и другой разъ съ помощью прибора, изображеннаго на стр. 109, причемъ тѣло погружаютъ въ воду. Разница обоихъ вѣсовъ представляетъ собой вѣсъ объема воды, въ точности равнаго объему взвѣшиваемаго тѣла. Раздѣлимъ вѣсъ тѣла, опредѣленный обычнымъ путемъ, на эту разницу; частное и дастъ удѣльный вѣсъ тѣла. При взвѣшиваніи погруженнаго въ воду куска желѣза въ 100 гр. окажется, что онъ теряетъ въ своемъ вѣсѣ 13,2 гр., а потому удѣльный вѣсъ желѣза равенъ $100 : 13{,}2 = 7{,}6$.

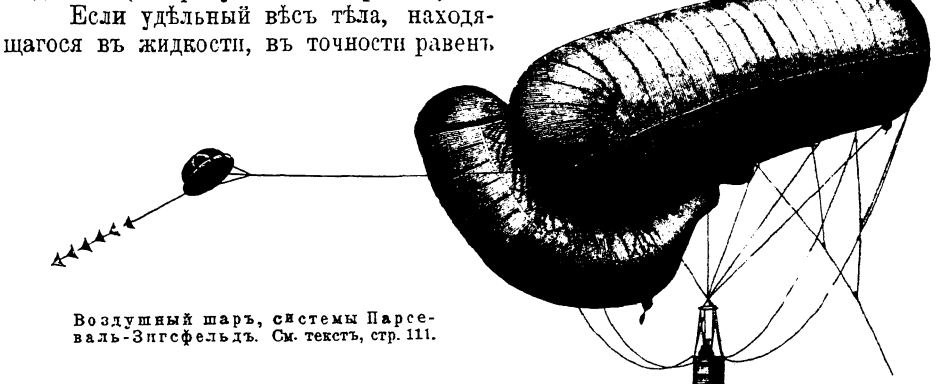
На томъ же выталкиваніи основывается употребленіе разнаго рода **ареометровъ**, приборовъ, предназначенныхъ для опредѣленія удѣльнаго вѣса жидко-



Ареометръ; приборъ для измѣренія удѣльнаго вѣса жидкостей. См. текстъ, стр. 110.

стей. Стеклянная трубка, со всѣхъ сторонъ запаянная, плаваетъ въ вертикальномъ положенiи въ жидкости, которая выталкиваетъ эту трубку тѣмъ сильнѣе, чѣмъ больше вѣситъ тотъ объемъ жидкости, который при этомъ вытѣсняется. Дѣленiя на придѣланной къ трубкѣ шкалѣ могутъ быть нанесены съ такимъ разсчетомъ, что то или другое дѣленiе ея, приходящееся на уровнѣ поверхности, будетъ сразу показывать удѣльный вѣсъ жидкости (см. рисунокъ на стр. 110).

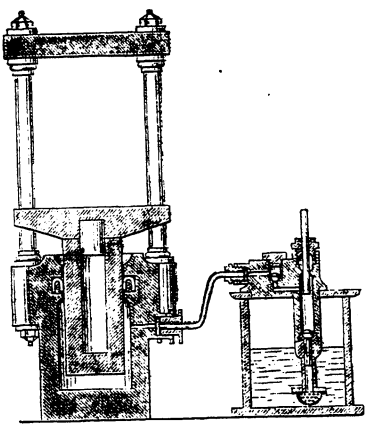
Если удѣльный вѣсъ тѣла, находящагося въ жидкости, въ точности равенъ



Воздушный шаръ, системы Парсеваль-Зигсфельдъ. См. текстъ, стр. 111.

ея удѣльному вѣсу, то давленiе, производимое ею на тѣло, равно какъ разъ его вѣсу: тѣло становится невѣсомымъ. Если же удѣльный вѣсъ тѣла меньше удѣльнаго вѣса жидкости, то оно выталкивается на ея поверхность и плаваетъ на ней. Вотъ почему желѣзо въ ртути плаваетъ, а въ водѣ тонетъ.

Разумѣется, соотвѣтственныя давленiя сообщаются и газами: свѣтильный газъ или, что еще лучше, водородъ — легче воздуха, а потому наполненные однимъ изъ этихъ газовъ шары подымаются вверхъ надъ землей до тѣхъ поръ, пока не попадутъ въ тѣ слои разрѣженнаго воздуха, удѣльный вѣсъ которыхъ равенъ уже удѣльному вѣсу этихъ газовъ. Въ этомъ состоитъ идея воздухоплаванiя (см. рисунокъ на стр. 111). Въ безвоздушномъ пространствѣ всѣ тѣла должны становиться тяжеле на вѣсъ объема воздуха, вытѣсняемаго ими при нормальныхъ условiяхъ.

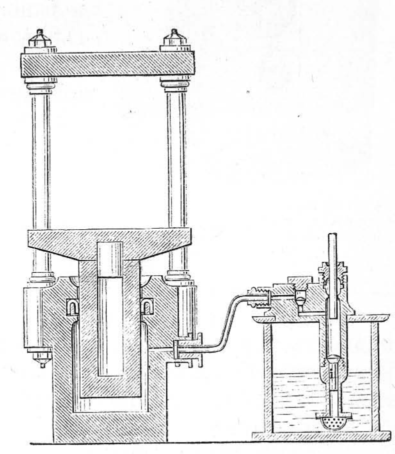


Гидравлическiй прессъ. См. текстъ, стр. 111.

Равномѣрностью распредѣленiя давленiя въ жидкостяхъ пользуются при построенiи разныхъ имѣющихъ большое значенiе техническихъ приборовъ. Дѣйствiе **гидравлическаго пресса** основывается главнымъ образомъ на этомъ свойствѣ (см. рисунокъ, помѣщенный рядомъ). Если къ закрытому со всѣхъ сторонъ сосуду придѣлать двѣ сообщающiяся съ его внутренностью трубы неодинаковыхъ сѣченiй и снова запереть ихъ непропускающими воды поршнями, то давленiе, производимое на меньшiй поршень, передастся черезъ воду, налитую въ сосудъ, большему, и при томъ съ силой, во столько разъ большей, во сколько разъ поверхность послѣдняго больше поверхности сжимающаго поршня. Накачивая воду въ меньшую трубу, что требуетъ небольшой затраты силъ, можно поднять большимъ поршнемъ весьма значительныя тяжести. При постройкѣ Эйфелевой башни на поршень гидравлическаго пресса клали лежащiе въ основанiи башни столбы и при помощи его придавали этимъ массивнымъ частямъ сооруженiя необходимое для ихъ устойчивости положенiе (см. рисунокъ на стран. 112).

Само собой разумѣется, что большiй грузъ будетъ поднятъ на высоту во

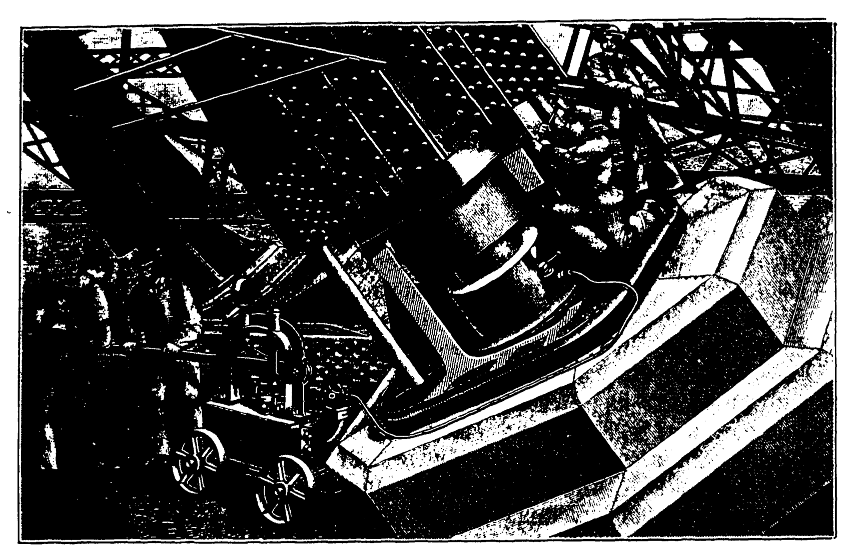
Воздушный шаръ, системы Парсеваль-Зигсфельдъ. См. текстъ, стр. 111.



Гидравлическій прессъ. См. текстъ, стр. 111.

столько разъ меньшую, во сколько разъ онъ больше груза сжимающаго. Такимъ образомъ основные законы механики, на которые мы смотрѣли, напримѣръ, какъ на законы дѣйствія рычаговъ (стр. 70), неизмѣнно сохраняютъ свою силу и въ примѣненіи къ самымъ сложнымъ процессамъ.

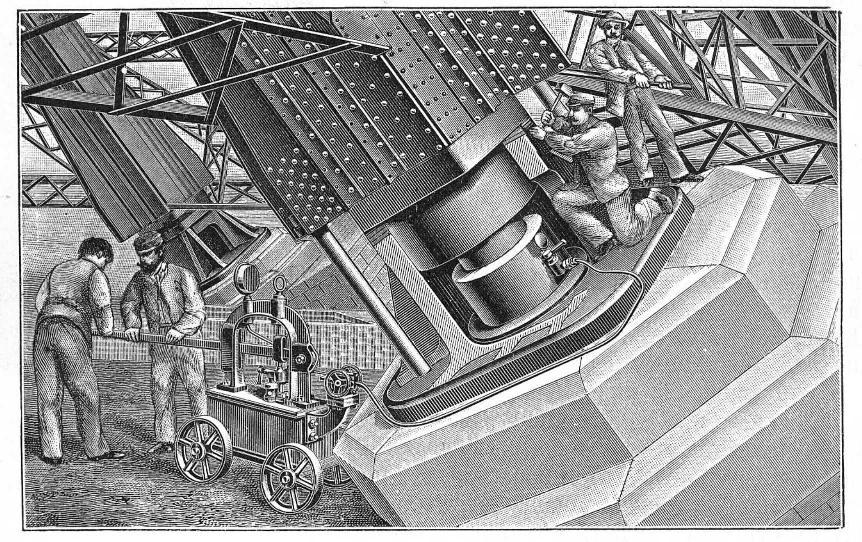
Дѣйствіе гидравлическаго пресса ясно показываетъ, что вода совсѣмъ не сжимается или очень мало сжимается. Изъ опытовъ видно, что при возрастаніи давленія на одну атмосферу вода сжимается лишь на $\frac{1}{20,000}$ своего объема. Глубина моря доходитъ до 8,000 метровъ или даже еще того больше. Изъ свойствъ водяного барометра мы знаемъ, что водяной столбъ высотой нѣсколько больше 10 мет. отвѣчаетъ давленію въ одну атмосферу, а потому на упомянутой глубинѣ вода находится подъ огромнымъ давленіемъ, приблизительно въ 800 атмосферъ. Но сожмется она лишь на $800:20.000 = \frac{1}{25}$ долю. Это подтверждается и



Подъемъ устоевъ Эйфелевой башни при помощи гидравлическаго пресса. См. текстъ, стр. 111.

на взятыхъ со дна пробахъ воды, между тѣмъ какъ пробки, опущенныя туда и снова поднятыя наверхъ, теряютъ значительную часть своего объема. На этой глубинѣ живутъ рыбы, у которыхъ нѣтъ никакихъ особенныхъ предохранительныхъ приспособленій, — онѣ выносятъ это огромное давленіе, благодаря тому, что оно дѣйствуетъ на ихъ органы одинаково со всѣхъ сторонъ. У этихъ рыбъ есть плавательный пузырь, воздухъ въ которомъ, находясь подъ такимъ давленіемъ, конечно, сжатъ. Если такая рыба попадетъ въ неводъ и будетъ извлечена на поверхность, то этотъ пузырь достигаетъ огромныхъ размѣровъ; рыба по большей части разрывается, еще не дойдя до верху (см. рисунокъ на стр. 113).

Отсюда мы видимъ, какъ неодинакова сжимаемость воды и воздуха. Сжатіе газа можетъ происходить въ самыхъ широкихъ предѣлахъ, сжатіе жидкостей—въ самыхъ ничтожныхъ. Но наряду съ такимъ существеннымъ отличіемъ этихъ двухъ аггрегатныхъ состояній можно указать на удивительное сходство въ дѣйствіи на нихъ давленій. Прежде всего степень сжимаемости какъ жидкостей, такъ и газовъ зависитъ, вообще говоря, отъ плотности или удѣльнаго вѣса вещества. Водородъ болѣе сжимаемъ, чѣмъ угольная кислота, вода сжимается лучше ртути, алкоголь лучше воды. Изъ нашего взгляда на внутреннее строеніе матеріи вытекаетъ тотчасъ же и объясненіе этого факта. Далѣе мы видимъ сходство въ томъ, что какъ газы, такъ и жидкости однимъ сжатіемъ въ высшее аггрегатное состояніе переведены быть не могутъ. Что касается до жидкостей, то у насъ всегда на глазахъ готовый



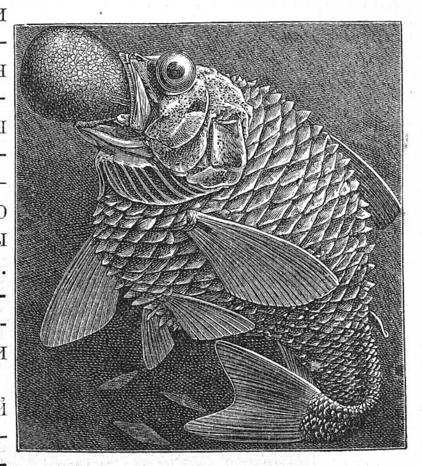
Подъемъ устоевъ Эйфелевой башни при помощи гидравлическаго пресса.
См. текстъ, стр. 111.

примѣръ—вода: мы знаемъ, что только измѣненіемъ температуры, то есть замораживаніемъ, можно перевести ее въ твердое состояніе. Въ дѣйствительности въ явленіи этомъ много удивительнаго. Мы знаемъ, что уже подъ давленіемъ одной атмосферы вода въ 4^0 выше 0 плотнѣе льда; такимъ образомъ, въ ней среднее разстояніе молекулъ другъ отъ друга меньше, чѣмъ во льду, а между тѣмъ въ первомъ случаѣ онѣ могутъ свободно двигаться, а во второмъ внутреннія силы своимъ притяженіемъ совершенно ихъ сковываютъ. Между тѣмъ эти молекулы, какъ того требуетъ наше атомистическое пониманіе, должны, какъ свѣтила, притягивать другъ друга тѣмъ сильнѣе, чѣмъ онѣ другъ къ другу ближе. Такимъ образомъ, въ переходѣ изъ одного аггрегатнаго состоянія въ другое принимаютъ участіе еще нѣкоторыя особенныя обстоятельства. Относительно перехода газообразныхъ тѣлъ въ жидкости мы уже высказали гипотезу; мы сказали, что первоначально прямолинейныя движенія превращаются въ движенія по криволинейнымъ орбитамъ, которыя постепенно, на подобіе звеньевъ цѣпи, нанизываются другъ на друга. Но въ переходѣ въ твердое состояніе участвуетъ еще таинственное явленіе— кристаллизація; каждое химическое вещество соединяетъ мельчайшія свои частицы въ группы особеннаго и удивительно симметричнаго вида. Въ свое время мы предложимъ гипотезу, объясняющую этотъ процессъ, но для этого необходимо раньше ознакомиться съ другими свойствами матеріи.



Морская рыба, извлеченная изъ глубинъ океана на поверхность; пищеводъ и чешуя, вслѣдствіе уменьшенія давленія, вынячены наружу. Изъ соч. Маршалля: „Океанъ и его обитатели". См. текстъ, стр. 112.

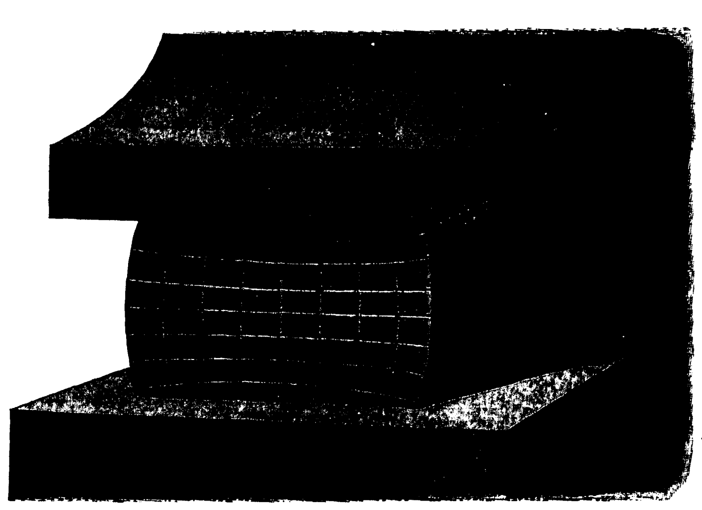
Оказывается, что твердыя тѣла въ извѣстной степени также сжимаемы и, при высокихъ давленіяхъ, обнаруживаютъ рядъ свойствъ, характерныхъ для жидкостей. Если сильно сжать кусокъ желѣза, то мельчайшія части его выступятъ во всѣ свободныя стороны: онѣ производятъ теперь боковое давленіе, котораго раньше не было(см. рисунокъ на стр. 114); если растягивать кусокъ желѣза, имѣющій видъ стержня, то стороны его сбѣгаются; предварительно нанесенныя на немъ прямыя линіи превращаются въ кривыя, напоминающія собой тѣ искривленія, которыя можно наблюдать при истеченіи жидкостей (см. рисунокъ на стр. 115). Подъ сильнымъ давленіемъ твердыя тѣла всѣ становятся болѣе или менѣе пластичными. Великолѣпнымъ примѣромъ можетъ служить мощное изгибаніе слоевъ горныхъ образованій. Мы помѣщаемъ снимокъ съ одного изъ наиболѣе извѣстныхъ случаевъ такого образованія складокъ,—на романтическихъ берегахъ озера Ури, которыми восхищается почти каждый швейцарскій туристъ. Первоначально эти осадочные слои лежали горизонтально, но затѣмъ были вдавлены по направленію къ массиву Центральныхъ Альпъ и изогнуты. Разумѣется, этотъ процессъ происходилъ очень медленно, быть можетъ, въ теченіе цѣлыхъ тысячелѣтій. Эти осадочные слои, точно мягкіе, изогнуты подъ острыми углами (см. рисунокъ на стр. 116). Прежде думали, что въ этомъ процессѣ важную роль играетъ высокая температура. Оказывается, что это невѣрно, потому что въ такихъ сбросахъ часто находятъ органическія включенія, которыя вмѣстѣ съ слоями только растянуты въ длину или какъ-нибудь иначе деформированы, но во всѣхъ остальныхъ отношеніяхъ сохранились безъ измѣненій (см. рисунки на стр. 117). Интересенъ еще, какъ примѣръ подобнаго рода, мраморный косякъ въ одной изъ дверей прославленной Альгамбры въ Гренадѣ. Зданіе это пришло въ упадокъ, и мраморный косякъ, испытывая въ теченіе нѣсколькихъ столѣтій равномѣрное давленіе приблизительно въ 1600 кгр., согнулся на 6 см., но не сломался, какъ это неминуемо должно было бы произойти, если-бъ то же давленіе было приложено къ нему сразу. Точно также при нѣкоторыхъ условіяхъ самыя



Морская рыба, извлеченная изъ глубинъ океана на поверхность; пищеводъ и чешуя, вслѣдствіе уменьшенія давленія, выпячены наружу. Изъ соч. Маршалля: „Океанъ и его обитатели“. См. текстъ, стр. 112.

хрупкія твердыя тѣла оказываются какъ бы медленно текучими, причемъ въ этомъ состояніи они должны преодолѣть внутреннее треніе самаго высокаго порядка.

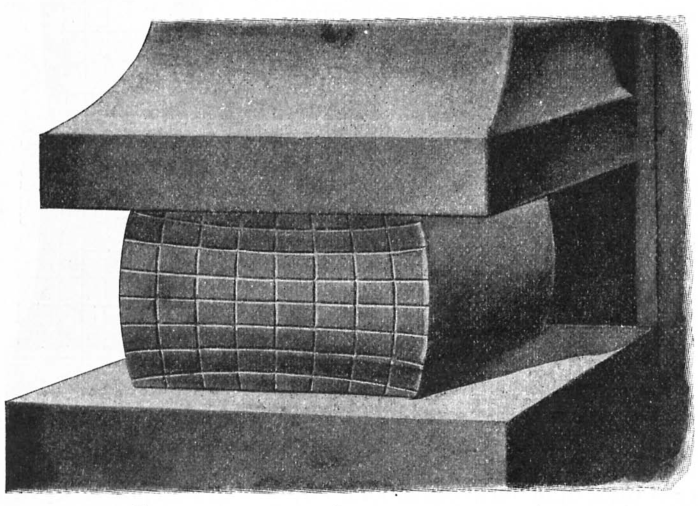
Упругость, свойство газовъ и жидкостей, какъ извѣстно, въ то же время присуща цѣлому ряду тѣлъ твердыхъ; въ твердыхъ тѣлахъ она проявляется не всегда, тогда какъ для первыхъ двухъ аггрегатныхъ состояній это свойство неизмѣнно и характерно. Одни твердыя тѣла пластичны, другія — гибки, третьи — ломки и хрупки, короче говоря, они проявляютъ въ этомъ случаѣ свои особенныя и разнообразныя свойства, но оказывается, что эти свойства, при измѣненіи окружающихъ физическихъ условій, мѣняются. При нѣкоторыхъ условіяхъ хрупкое стекло можетъ стать очень гибкимъ и необыкновенно упругимъ. Твердыя тѣла употребляются въ техникѣ для самыхъ разнообразныхъ цѣлей, а потому чрезвычайно важно въ точности узнать тѣ или другія ихъ свойства. Опредѣляютъ модуль упругости тѣлъ, ихъ прогибаемость, крученіе, упругое послѣдѣйствіе, которое сказывается въ томъ, что тѣла несразу и неодинаково быстро принимаютъ свою прежнюю форму. Опредѣляютъ крѣпость тѣлъ по отношенію къ нагрузкѣ или тягѣ, ихъ предѣльную упругость, за которой наступаетъ ихъ разрывъ или изломъ, сопротивленіе тренію, которое они проявляютъ по отношенію другъ къ другу при скольженіи или катаніи и т. д. Этимъ мы закончимъ перечисленіе разнообразныхъ свойствъ твердыхъ тѣлъ.



Пластичность желѣза при сдавливаніи.
См. текстъ, стр. 113.

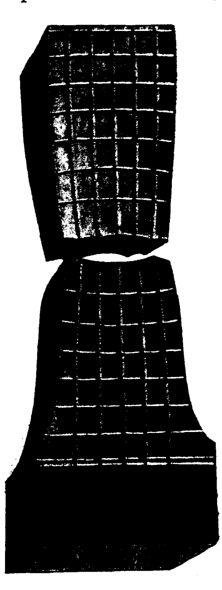
Интересный и цѣнный матеріалъ для обобщенія нашихъ взглядовъ на сущность матеріи даютъ взаимодѣйствія веществъ, находящихся въ различныхъ аггрегатныхъ состояніяхъ.

Что два различныхъ газа должны проникнуть другъ въ друга, что они должны диффундировать, вытекаетъ непосредственно изъ нашей гипотезы о молекулярномъ строеніи. Но газы проникаютъ и въ жидкости, и даже въ твердыя тѣла. Постоянное нахожденіе значительнаго количества воздуха въ водѣ даетъ живымъ существамъ возможность въ ней существовать. Мы не можемъ приписать этого явленія какимъ-нибудь случайнымъ причинамъ, механическому примѣшиванію, пузырямъ воздуха, которые вовлекаются въ глубь водоворотами и потомъ постепенно выдѣляются. Вода, въ которой нѣтъ воздуха, такъ же впитываетъ въ себя воздухъ, какъ отдаетъ ему водяной паръ. Мы говоримъ, что это происходитъ оттого, что частицы воздуха, двигаясь прямолинейно и ударяясь о поверхность воды, попадаютъ въ промежутки между частицами воды, какъ въ губку, и тамъ застреваютъ. Если это такъ, то поглощеніе (абсорпція) газовъ жидкостями должна зависѣть отъ плотностей участвующихъ въ этомъ процессѣ тѣлъ. Мы представляемъ себѣ площадь сѣченія жидкости въ видѣ рѣшета, и отъ величины его отверстій будетъ зависѣть, сколько тѣлъ опредѣленной величины можетъ быть сквозь него заразъ продавлено. Болѣе плотное вещество поглотитъ меньшее количество газа, чѣмъ вещество менѣе плотное. Съ другой стороны, сквозь эти отверстія пройдетъ больше малыхъ тѣлъ, чѣмъ большихъ. Есть много осно-



Пластичность желѣза при сдавливанiи.
См. текстъ, стр. 113.

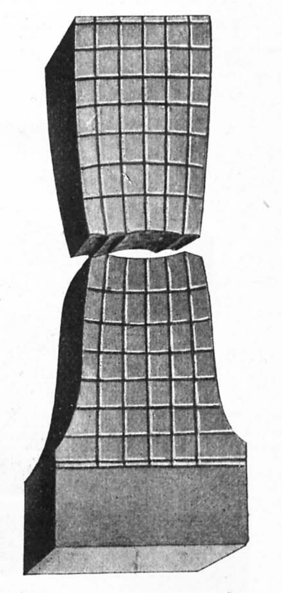
ваній думать, что молекулы разныхъ веществъ имѣютъ самые разнообразные размѣры (мы къ этому еще вернемся), а потому одна и та же жидкость будетъ поглощать различные газы далеко не въ одинаковой мѣрѣ. Все это подтверждаютъ и опыты. Такъ, напримѣръ, оказывается, что въ воздухѣ поглощенномъ водой иное соотношеніе между составными частями, чѣмъ въ обыкновенномъ,— въ немъ больше кислороду, а это способствуетъ жизнедѣятельности находящихся въ немъ организмовъ. Въ атмосферномъ воздухѣ 21 процентъ кислорода и 79 процентовъ азота (если не считать вновь открытыхъ газовъ); отношеніе этихъ газовъ равно приблизительно 1:4. Анализъ воздуха, поглощеннаго водой, показываетъ, что онъ состоитъ изъ 34 процентовъ кислорода и 66 процентовъ азота; тутъ отношеніе ихъ равно 1:2, кислорода содержится здѣсь, по сравненію съ первымъ случаемъ, въ два раза больше.



Пластичность желѣза при растяженіи. См. текстъ, стр. 113.

Особенно поразительны эти молекулярные процессы, представляющіе собой какъ бы просѣиванье частицъ, тогда, когда жидкія и газообразныя тѣла приходятъ въ соприкосновеніе съ тѣлами твердыми. Мы погружаемъ въ воду глиняный цилиндръ съ нанесенной на немъ особаго рода пленкой. Сверху онъ закрытъ наглухо, но изнутри выходитъ стеклянная трубка; мы видимъ, что онъ наполняется, правда, очень медленно, водой. Пленка для воды все же проницаема,— по отношенію къ частицамъ воды она является рѣшетомъ, но съ очень малыми отверстіями. Наполнимъ теперь цилиндръ сахарной водой до прежняго уровня воды въ сосудѣ, въ который его погружали. Объемъ жидкости въ цилиндрѣ быстро увеличивается, она подымается въ стеклянной трубкѣ надъ окружающей цилиндръ жидкостью и тѣмъ выше, чѣмъ сахарный растворъ концентрированнѣе. Для объясненія этого въ высшей степени замѣчательнаго процесса, носящаго названіе „осмоза“, мы должны предположить одно изъ двухъ: или поры стѣнокъ цилиндра недостаточно велики, по сравненію съ частицами сахара, и потому не могутъ ихъ пропустить, или онѣ мѣшаютъ проходу этихъ частицъ въ большей степени, чѣмъ проходу молекулъ чистой воды. Больше частицъ будетъ изъ внѣшняго сосуда, наполненнаго чистой водой, въ цилиндръ вдавлено, чѣмъ изъ цилиндра выдавлено. Это зависитъ отъ густоты распредѣленія сахарныхъ молекулъ во внутренней жидкости,— чѣмъ она плотнѣе, тѣмъ болѣе затруднено ихъ передвиженіе. Можно сказать, что осмотическое давленіе всегда пропорціонально плотностямъ обоихъ веществъ, приходящихъ въ столкновеніе, будь то жидкости или газы.

Большой интересъ въ этомъ отношеніи пріобрѣтаетъ слѣдующій опытъ (см. рис. на стр. 119). Глиняный, наглухо закрытый сосудъ снизу соединенъ съ стеклянной колбой, которая оканчивается колѣнчатой трубкой, оттянутой въ остріе, и наполнена водой настолько, что вода изъ острія не вытекаетъ. Если окружить глиняный цилиндръ a, въ которомъ находится только атмосферный воздухъ, водородомъ или содержащимъ много водорода свѣтильнымъ газомъ, для чего достаточно хотя бы прикрыть цилиндръ сверху наполненнымъ такимъ газомъ сосудомъ b, то вода тотчасъ забьетъ изъ острія фонтаномъ. Давленіе въ глиняномъ цилиндрѣ повысилось: водородныя частицы проходятъ сквозь его стѣнки скорѣе, чѣмъ частицы атмосфернаго воздуха; въ цилиндръ за извѣстный промежутокъ времени матеріи больше входитъ, чѣмъ выходитъ. Если цилиндръ c наполнить свѣтильнымъ газомъ, то внутри его получится разрѣженіе, вода подымется по трубкѣ и наполнитъ стеклянный шарикъ d. Осмотическое давленіе занимаетъ видное мѣсто во многихъ физіологическихъ процессахъ. Животныя перепонки, стѣнки клѣтокъ, представляютъ изъ себя такого рода сита, съ помощью которыхъ совершается изъ окружающей среды выборка тѣхъ веществъ, которыя нужны для поддержанія дѣятельности соотвѣтственныхъ органовъ. Такимъ образомъ корни растеній впи-



Пластичность желѣза при растяженіи. См. текстъ, стр. 113.

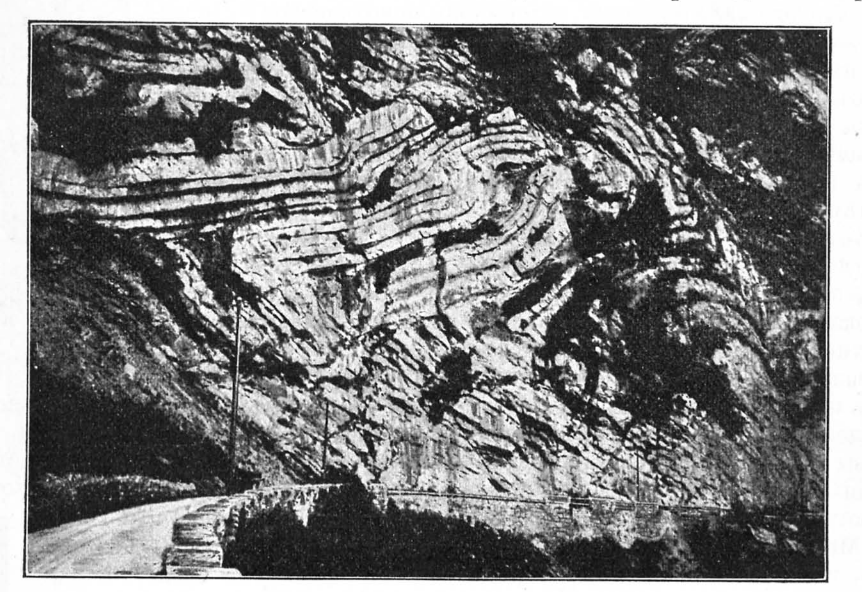
тываютъ изъ окружающей ихъ почвы вмѣстѣ съ влагой только тѣ изъ веществъ, растворенныхъ въ ней, которыя служатъ имъ матеріаломъ для образованія новыхъ частей; эти растворы подымаются по жилкамъ растенія такимъ же образомъ, какъ подымалась жидкость въ трубкѣ, вставленной въ цилиндръ съ сахарнымъ растворомъ, въ нашемъ опытѣ. Воздухъ, который мы вобрали въ легкія, подъ дѣйствіемъ осмотическаго давленія по тонкимъ развѣтвленіямъ дыхательныхъ путей переходитъ въ кровеносную систему: при этомъ кислородъ воздуха проникаетъ въ кровь и ею поглощается, между тѣмъ какъ частицы азота не попадаютъ въ кровь совсѣмъ или, если проходятъ въ нее, то лишь въ незначительной степени. Изслѣдованіе явленій осмотическаго давленія въ разведенныхъ раство-



Сгибаніе слоевъ на озерѣ Ури. Съ фотографіи. См. текстъ, стр. 113.

рахъ, недавно произведенное Ван'тъ-Гоффомъ, много способствовало упроченію идеи единства силъ природы. Но къ этому мы вернемся въ физико-химической части нашего сочиненія.

Мы видѣли, что молекулярное строеніе жидкостей во многомъ походитъ на молекулярное строеніе газовъ, и чѣмъ дальше, тѣмъ больше это сходство будетъ выступать; но еще болѣе поразительно то, что и твердыя тѣла, какъ показали обстоятельныя изслѣдованія ихъ свойствъ, подчиняются тѣмъ же законамъ взаимнаго обмѣна и осмотическаго давленія, какъ тѣла, находящіяся въ одномъ изъ двухъ прочихъ аггрегатныхъ состояній, — разница только количественная. В. Спрингъ недавно (въ 1900 г.) произвелъ въ этомъ направленіи весьма важное изслѣдованіе металловъ и горныхъ породъ. Онъ подвергалъ эти тѣла давленію, доходившему до 10.000 атмосферъ, принявъ необходимыя мѣры для предотвращенія значительнаго повышенія температуры. Оказывается, что два вещества, напр., два металла, которые, при нагрѣваніи до температуры плавленія, образуютъ сплавъ, диффундируютъ, проникаютъ одинъ въ другой, и такимъ образомъ тотъ же сплавъ получается холоднымъ путемъ. Итакъ это прохожденіе металла черезъ металлъ совершалось не только у поверхности ихъ соприкосновенія. Тогда былъ сдѣланъ слѣдующій шагъ впередъ: не производя никакихъ давленій, просто положили два куска металла одинъ на другой, подвергнувъ ихъ температурѣ, нѣсколько высшей, чѣмъ нормальная, но не доходившей до точки плавленія. Нагрѣваніе должно было только сократить продолжительность опыта: какъ извѣстно, нагрѣваніе ускоряетъ обычный процессъ диффузіи. Оба куска лежали одинъ на другомъ 3—12 часовъ. Куски одного и того же металла сваривались, образовывали



Сгибаніе слоевъ на озерѣ Ури. Съ фотографіи. См. текстъ, стр. 113.

одинъ кусокъ; мѣсто спая было совершенно незамѣтно. Разнородные металлы по поверхности соприкосновенія сплавлялись. Этими опытами самымъ неопровержимымъ образомъ доказывается, что мельчайшія части твердыхъ тѣлъ совершаютъ движенія, съ помощью которыхъ матеріальныя системы ихъ проникаютъ другъ въ друга или соединяются съ системами сосѣднихъ массъ.



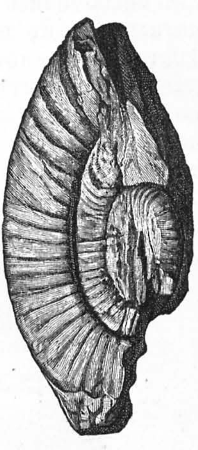
Аммонитъ, растянутый давленіемъ. Изъ „Періода бурь и натиска на землѣ“, Гааза. См. текстъ, стр. 113.

Въ организмахъ, въ ихъ очень узкихъ сосудахъ, важную роль играетъ другое молекулярное явленіе, носящее названіе притяженія въ волосныхъ трубкахъ (капиллярность). При болѣе близкомъ разсмотрѣніи явленія волосности оказывается, что это явленіе очень родственно осмотическому давленію, — мы имѣемъ здѣсь дѣло съ неполнымъ проникновеніемъ другъ въ друга поверхностныхъ слоевъ двухъ разнородныхъ веществъ. Если погрузить узкую стеклянную трубку въ воду, то вода въ ней подымется и тѣмъ выше надъ уровнемъ остальной жидкости, чѣмъ трубка уже. Если ту же трубку погрузить въ сосудъ съ ртутью, то ртуть въ ней будетъ стоять ниже, чѣмъ въ сосудѣ: стекло понижаетъ уровень ртути. Отсюда и слѣдуетъ, что въ трубкѣ ртуть образуетъ выпуклую поверхность (менискъ), вода же—вогнутую. Съ этимъ обстоятельствомъ, замѣтимъ мимоходомъ, приходится считаться при отсчетахъ показаній ртутнаго барометра, которыя опредѣляются всегда по верхней части выпуклаго мениска.

Физики старой школы объясняли явленія капиллярности взаимнымъ притяженіемъ различныхъ веществъ, и мы можемъ сохранить это объясненіе, если будемъ имѣть въ виду, что собственно слѣдуетъ разумѣть съ точки зрѣнія нашей гипотезы подъ именемъ притяженія. Мы должны принять, что поверхности соприкосновенія различныхъ тѣлъ, будь то тѣла газообразныя, жидкія или твердыя, не представляютъ изъ себя математическихъ поверхностей, хотя бы глазу это и казалось. Мы видѣли, что въ тѣлахъ, казалось бы самыхъ твердыхъ, мельчайшія частицы движутся по опредѣленнымъ орбитамъ. Видимая нами поверхность тѣла указываетъ лишь на крайній предѣлъ, дальше котораго не идутъ эти движущіяся по своимъ орбитамъ частицы. Наше объясненіе и здѣсь выиграетъ въ наглядности, если мы прибѣгнемъ къ прежней своей параллели между свѣтилами и атомами. Границей служитъ въ этомъ случаѣ рядъ солнцъ, окруженныхъ планетами. Тѣло, попадающее въ рой солнцъ, еще задолго до вхожденія въ настоящую сферу притягательнаго дѣйствія солнца можетъ быть задержано вліяніемъ одной изъ планетъ, и оно будетъ оставаться здѣсь дольше, чѣмъ въ томъ случаѣ, еслибъ такого рода возмущающей планеты на его пути не было. Такимъ-то путемъ планета Юпитеръ уловила и ввела въ нашу солнечную систему цѣлый рядъ кометъ (см. нашу книгу „Мірозданіе“).

Белемнитъ, растянутый давленіемъ. Изъ „Періода бурь и натиска на землѣ“, Гааза. См. текстъ, стр. 113.

Мы видимъ, что частицы воды въ стеклянной трубкѣ попадаютъ въ сферу притяженія частицъ стекла, совершающихъ наибольшія отклоненія при колебаніяхъ и, какъ бы вопреки силѣ тяжести, побуждаемыя собственнымъ своимъ движеніемъ, подымаются по стеклянной стѣнкѣ. Въ случаѣ съ ртутью, которая тяжелѣе стекла, планеты — молекулы стекла, — попадаютъ въ сферу притяженія ртути. Онѣ подымаются вверхъ, какъ вода, какъ будто стекло было бы жидкостью, а ртуть твердымъ тѣломъ. Какъ части твердаго тѣла онѣ должны совершать колебанія около нѣкотораго средняго неподвижнаго положенія, для возстановленія равравновѣсія, а потому онѣ отталкиваютъ отъ себя частицы жидкой ртути настолько, насколько тѣ кажущимся образомъ ихъ притягиваютъ. Менискъ обращенъ выпуклостью вверхъ. Чѣмъ волосныя трубки уже, тѣмъ сильнѣе кажущаяся притягательная сила окружающихъ жидкость со всѣхъ сторонъ стѣнокъ, тѣмъ выше подымаются въ нихъ жидкости. Такимъ путемъ происходитъ всасываніе соковъ

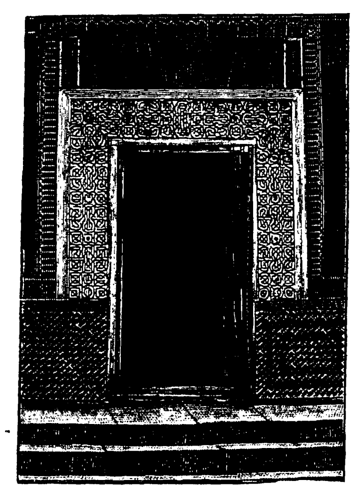


Аммонитъ, растянутый давленіемъ. Изъ „Періода бурь и натиска на землѣ“, Гааза. См. текстъ, стр. 113.



Белемнитъ, растянутый давленіемъ. Изъ „Періода бурь и натиска на землѣ“, Гааза. См. текстъ, стр. 113.

растеніями. Но, повидимому, въ организмахъ молекулярное притяженіе этихъ узкихъ сосудовъ проявляется еще въ одномъ весьма важномъ отношеніи. Съ недавняго времени мы располагаемъ данными, позволяющими намъ думать, что въ волосныхъ трубочкахъ химическіе процессы протекаютъ совершенно иначе, чѣмъ въ нашихъ лабораторныхъ сосудахъ, такъ какъ въ первыхъ затруднено и движеніе молекулъ. Позже мы увидимъ, что при химическихъ реакціяхъ происходитъ обмѣнъ между атомами молекулъ разнородныхъ веществъ, приходящихъ въ соприкосновеніе. При непосредственномъ сближеніи молекулъ въ волосныхъ трубкахъ возможны вѣроятно такія соединенія, которыя при свободныхъ движеніяхъ частицъ не получаются. Почти не подлежитъ сомнѣнію, что причина большинства нашихъ неудачъ при попыткахъ приготовленія лабораторнымъ путемъ того или другого органическаго вещества лежитъ въ томъ, что сосудамъ, которыми мы пользуемся при этихъ опытахъ, до сихъ поръ мы не можемъ придать тѣхъ свойствъ, которыя присущи капиллярнымъ органическимъ сосудамъ. Мы возвратимся къ этому вопросу въ томъ отдѣлѣ книги, гдѣ разобраны химическія свойства тѣлъ.

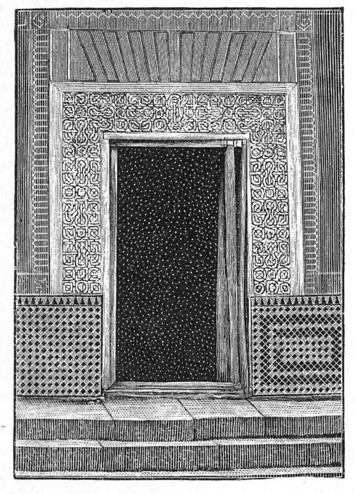


Изогнутый постояннымъ давленіемъ косякъ въ Альгамбрѣ. См. текстъ, стр. 113.

Притяженіе тѣлъ, находящихся въ различныхъ аггрегатныхъ состояніяхъ, происходитъ, разумѣется, при всякихъ формахъ соприкасающихся поверхностей. Когда вода течетъ по твердому тѣлу, то одинъ слой ея поверхностью этого тѣла будетъ задержанъ и дальше не потечетъ. За нимъ слѣдуетъ слой, который удерживается лишь отчасти и такъ далѣе, пока мы не доходимъ до слоевъ, которые текутъ уже безпрепятственно. Мы это и видимъ. Кольца, выпусканіемъ которыхъ забавляются курильщики, получаются точно такимъ же путемъ. Движеніе молекулъ дыма, облегающихъ губы, замедляется притяженіемъ, или, какъ его обыкновенно называютъ, треніемъ, и болѣе далекія отъ губъ молекулы обгоняютъ первыя. Толчекъ, сообщаемый дыму при выпусканіи, складывается вмѣстѣ съ этимъ постепенно уменьшающимся замедленіемъ отдѣльныхъ слоевъ облака въ круговое движеніе, и можно показать математически, что, при сдѣланныхъ нами предположеніяхъ, такое движеніе необходимо должно произойти.

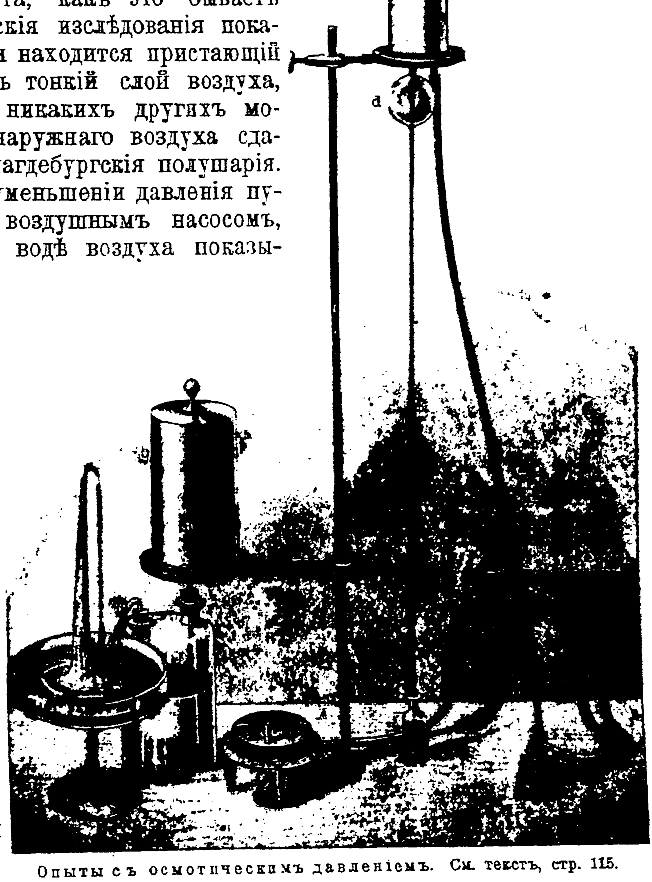
Такія же кольца можно произвести соотвѣтственнымъ путемъ и въ жидкостяхъ, выпуская, напримѣръ, окрашенную жидкость въ безцвѣтную черезъ отверстіе. На небѣ мы видимъ такія образованія, которыя возникли, быть можетъ, благодаря точно такимъ же толчкамъ; на стр. 120 у насъ помѣщенъ рисунокъ такого рода **кольцевой туманности** въ созвѣздіи Лиры. По новѣйшимъ изслѣдованіямъ, всѣ эти кольцевыя, круглыя или чечевицеобразныя туманности при болѣе обстоятельномъ изученіи оказались туманностями спиральными, что еще больше говоритъ въ пользу предположенія о происхожденіи ихъ отъ вихревыхъ движеній, которыя бываютъ, но въ другомъ видѣ, и при возникновеніи кольцевыхъ образованій. Возникли эти спиральныя туманности несомнѣнно такъ: ударъ какого-нибудь тѣла, попавшаго сюда, привелъ во вращательное движеніе какой-нибудь одинъ слой первоначальной туманности, а этотъ, путемъ внутренняго тренія, вовлекъ въ движеніе уже остальныя. Такъ возникаютъ вихри въ текущей водѣ и въ воздухѣ и проносятся страшными ураганами надъ землей. Мы снова видимъ, что въ природѣ, начиная съ величайшихъ движеній, участвовавшихъ въ образованіи міра и кончая мельчайшими проявленіями творческой ея дѣятельности, все отливается въ однѣ и тѣ же формы, что объясняется величественнымъ единствомъ могучихъ силъ природы.

Это кажущееся притяженіе между молекулами различныхъ веществъ должно быть тѣмъ больше, чѣмъ больше отличаются эти вещества размѣрами разстояній



Изогнутый постояннымъ давленіемъ косякъ въ Альгамбрѣ. См. текстъ, стр. 113.

между ихъ молекулами, иначе говоря, чѣмъ болѣе они разнятся по плотности. Это говоритъ въ пользу того предположенія, что притяженіе твердыхъ и газообразныхъ тѣлъ больше притяженія твердыхъ и жидкихъ. Въ самомъ дѣлѣ оказывается, что каждое твердое тѣло окружено неподвижнымъ слоемъ воздуха. Сжавъ двѣ точно приходящіяся одна къ другой стеклянныя пластинки, мы замѣчаемъ, что онѣ пристали другъ къ другу. Объясняется это не тѣмъ что тутъ пришли въ соприкосновеніе частицы стекла и притягиваютъ другъ друга, какъ это бываетъ внутри пластинокъ; оптическія изслѣдованія показали, что между пластинками находится пристающій къ поверхности стекла очень тонкій слой воздуха, не пропускающій туда уже никакихъ другихъ молекулъ воздуха. Давленіе наружнаго воздуха сдавливаетъ пластинки, какъ магдебургскія полушарія. Въ стаканѣ съ водой, при уменьшеніи давленія путемъ выкачиванія воздуха воздушнымъ насосомъ, пузыри заключающагося въ водѣ воздуха показываются прежде всего на стѣнкахъ стакана, которыя, въ силу особаго притяженія, удержали больше воздуха, чѣмъ могло быть поглощено водой.



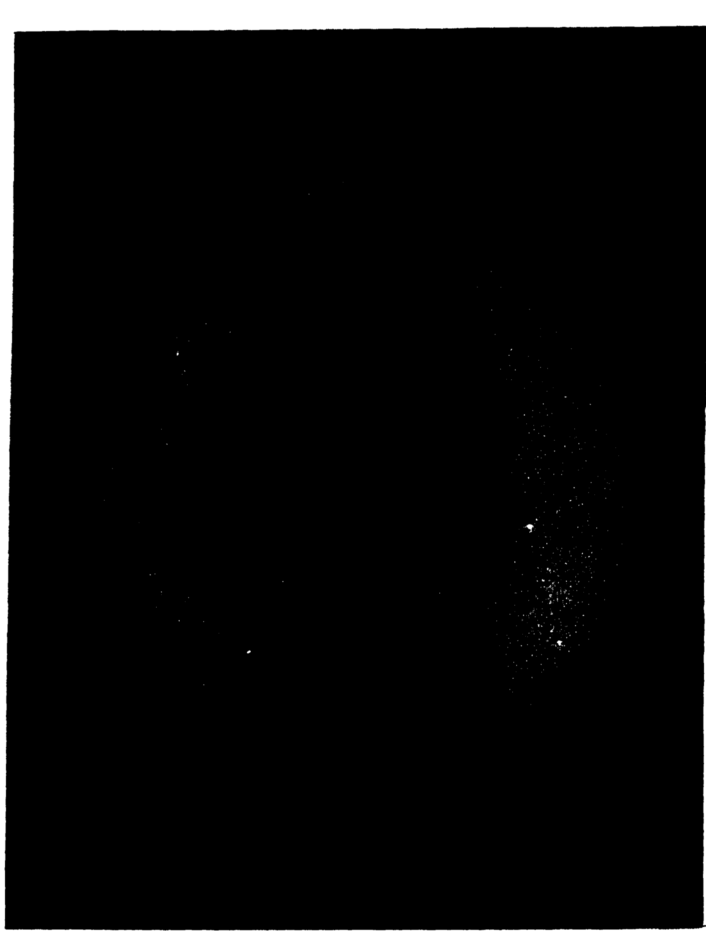
Опыты съ осмотическимъ давленіемъ. См. текстъ, стр. 115.

Описанныя здѣсь явленія притяженія зависятъ отъ поверхностей тѣлъ, потому съ возрастаніемъ поверхности должны увеличиваться и эти дѣйствія. Нѣкоторыя тѣла, какъ, напр., губки, при небольшомъ объемѣ, обладаютъ такой поверхностью, что въ своихъ порахъ могутъ удержать почти столько воды, сколько могло бы умѣститься въ сосудѣ такого же объема, но съ твердыми стѣнками. Для газообразныхъ тѣлъ такой губкой будетъ уголь. Благодаря сжимаемости газовъ, тутъ получается явленіе поразительное: уголь можетъ удержать въ своихъ порахъ объемъ газа большій, нежели его собственный объемъ.

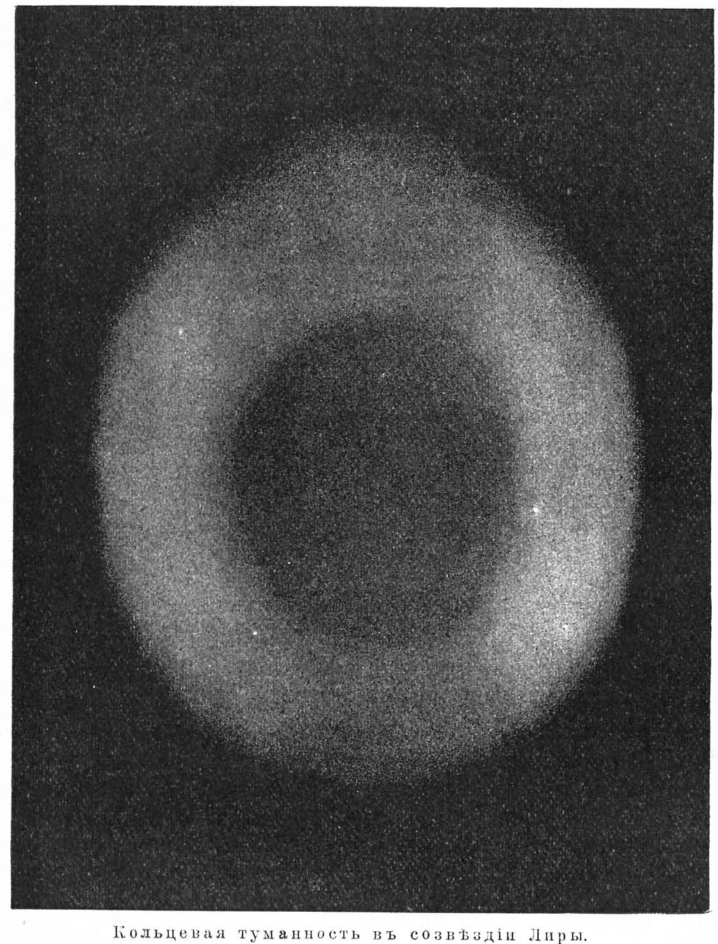
Если кусокъ угля внести въ наполненный надъ ртутью угольной кислотой цилиндръ, по объему въ десять разъ большій этого угля, то газъ будетъ поглощенъ весь, а тяжелая ртуть заполнитъ цилиндръ до самаго верха. Сгущаясь, газъ раскаляетъ уголь (см. рисунокъ на стр. 121). Вотъ еще одинъ достаточно извѣстный примѣръ, который показываетъ намъ, насколько такое молекулярное притяженіе можетъ быть сильнѣе дѣйствія силы тяжести: путемъ особой процедуры мы получаемъ осадокъ платины въ столь измельченномъ состояніи, что она представляетъ изъ себя нѣчто вродѣ губки. Эта губчатая платина, благодаря величинѣ своей поверхности, производитъ на газы значительное притягательное дѣйствіе, а давленіе, обусловленное этимъ притяженіемъ, вызываетъ весьма замѣтное нагрѣваніе нашей губки. Если струю водорода направить на кусокъ губчатой платины, то платина быстро раскалится и воспламенитъ вытекающій газъ.

На этомъ основано устройство прежде столь распространеннаго излюбленнаго огнива Деберейнера. См. рисунокъ на стр. 121.

Это молекулярное притяженіе между различными веществами, которое, согласно нашей атомистической точкѣ зрѣнія, мы представляемъ себѣ, какъ переплетеніе разнаго рода внутреннихъ молекулярныхъ движеній, въ то же время является причиной такъ называемыхъ поверхностныхъ натяженій, играющихъ въ органической природѣ замѣтную и значительную роль. Воздухъ у поверхности воды къ ней притягивается; благодаря этому, сопротивленіе ея проникновенію въ нее другихъ тѣлъ становится больше; тутъ появляется поверхностное натяженіе, на которое можно смотрѣть какъ на пленку, покрывающую всю остальную воду. Тѣ предметы, которые тяжелѣе воды на величину такого натяженія, на поверхности ея будутъ плавать. Если пустить на воду каплю масла, то въ результатѣ борьбы притяженій между водой и масломъ, съ одной стороны, и масломъ и воздухомъ, съ другой,—на поверхности воды получится черезвычайно тонкая масляная пленка. Всѣмъ извѣстные радужные переливы ея (побѣжалость) даютъ оптическій способъ измѣренія ея толщины, представляющей собой величину одного порядка съ молекулами. И несмотря на это, способность ея къ сопротивленію настолько велика, что она, какъ показали новѣйшіе опыты, въ состояніи въ сильную бурю оказать морякамъ извѣстную помощь. Конечно, эта пленка, толщины которой нельзя даже измѣрить, не можетъ уменьшить механической силы волнъ, но воду на гребняхъ волнъ она сдерживаетъ; вода не пѣнится и на ней не образуется тѣхъ сильныхъ брызгъ, которыя представляютъ опасность для небольшихъ судовъ. Нѣкоторыя изъ бѣгающихъ по водѣ насѣкомыхъ пользуются при передвиженіи по водѣ свойствами такихъ натяженій, въ чемъ помогаетъ имъ отдѣляемый ихъ тѣломъ жиръ (см. рисунокъ на стр. 122). Затѣмъ представляется весьма вѣроятнымъ, что образованіе тонкихъ стѣнокъ клѣтокъ и сосудовъ въ организмахъ съ этихъ поверхностныхъ натяженій, по крайней мѣрѣ, начинается; они же участвуютъ въ образованіи мыльныхъ пузырей. Наконецъ, укажемъ еще, что твердость оболочки водяной струи въ воздухѣ объясняется именно этимъ натяженіемъ.



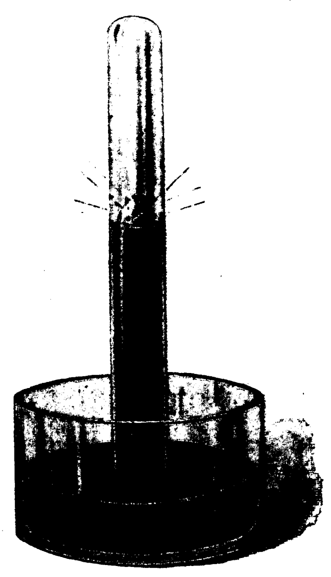
Кольцевая туманность въ созвѣздіи Лиры.
Изъ „Міозданія", В. Мейера. См. текстъ, стр. 118.



Кольцевая туманность въ созвѣздіи Лиры.
Изъ „Мірозданія“, В. Мейера. См. текстъ, стр. 118.

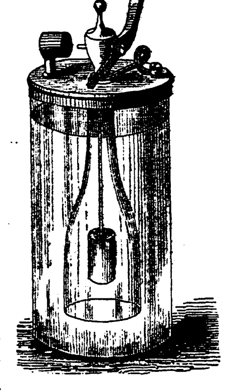
6. Звуковыя явленія.

Въ предыдущей главѣ (стр. 108) мы видѣли, что въ газахъ частицы движутся съ большими скоростями, и что величина такой скорости зависитъ отъ газа или, лучше сказать, отъ величины его частицъ. Такъ, мы нашли, что скорость частицы кислорода равняется 460 м. въ секунду. Скорость частицы атмосфернаго воздуха, при давленіи въ одну атмосферу, равна, по кинетической теоріи газовъ, 280 м. въ сек. Само собой разумѣется, не надо понимать это такъ, что частица воздуха, которая въ извѣстный моментъ находится по близости отъ насъ, черезъ секунду очутится на разстояніи 280 метровъ отъ насъ. Но съ этой именно скоростью частицы непрестанно колеблются взадъ и впередъ въ очень узкихъ предѣлахъ, то ударяясь о смежныя частицы, то отражаясь отъ нихъ. Если мы какимъ-либо механическимъ дѣйствіемъ сообщимъ толчекъ одной части такихъ молекулъ воздуха, то онѣ будутъ двигаться нѣсколько быстрѣе, чѣмъ обыкновенно; съ этой увеличенной скоростью онѣ доходятъ до сосѣднихъ частицъ, передаютъ имъ толчекъ и отлетаютъ назадъ со скоростью, нѣсколько уменьшенной. Средняя скорость этихъ совершающихся взадъ и впередъ колебаній одна и та же. Благодаря толчку скорости при движеніи впередъ и движеніи назадъ неодинаковы, а потому въ одномъ мѣстѣ окажется больше молекулъ воздуха, чѣмъ при нормальныхъ условіяхъ, въ другомъ — меньше; толчекъ производитъ сгущеніе воздуха, затѣмъ слѣдуетъ разрѣженіе, которыя и перемѣщаются дальше со скоростью воздушной молекулы.



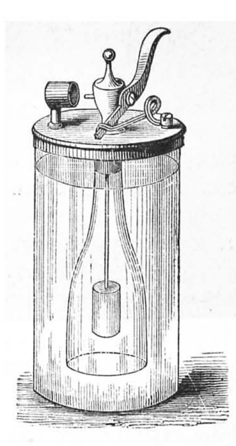
Поглощеніе газа твердыми тѣлами. См. текстъ, стр. 119.

Мы пришли къ этому положенію путемъ теоретическаго разсужденія; чтобы убѣдиться въ справедливости его на опытѣ, ударимъ колотушкой по натянутой перепонкѣ, по бубну. Перепонка тотчасъ же выпятится, а прилегающія къ ней частицы воздуха будутъ вовлечены въ ея движеніе. Съ одной стороны бубна воздухъ на мгновеніе сгустится, съ другой— разрѣдится. На нѣкоторомъ разстояніи отъ перваго бубна устанавливаемъ точно такой же бубенъ и привѣшиваемъ къ нему на нити шаръ; шаръ долженъ прикасаться къ перепонкѣ (см. рисунокъ стр. 123). Сгущеніе, дойдя по воздуху до второй перепонки, выпячиваетъ ее, какъ ударъ непосредственный, и выводитъ шаръ изъ его вертикальнаго положенія. Конечно, шаръ отклонится на меньшій уголъ, чѣмъ слѣдовало бы ожидать по силѣ первоначальнаго удара. Въ этомъ можно убѣдиться слѣдующимъ образомъ: прикрѣпивъ на нити колотушку къ первому бубну, отводимъ ее въ сторону отъ него на опредѣленный уголъ и затѣмъ отпускаемъ. Колотушка у второго бубна отклонится и при томъ тѣмъ меньше, чѣмъ дальше онъ отъ мѣста возмущенія; отклоненіе зависитъ отъ квадрата этого разстоянія. Это та же зависимость, которую мы уже установили для дѣйствій силы тяжести, исходя изъ того положенія, что они обусловливаются рядомъ совершенно одинаковыхъ ударовъ. Дѣйствіе удара о первый бубенъ распространяется въ пространствѣ вокругъ него равномѣрно, потому что первоначальныя движенія частицъ воздуха также передаются во всѣ стороны одинаково. Опытъ подтверждаетъ всѣ эти заключенія, являющіяся необходимымъ слѣдствіемъ нашихъ общихъ представленій.



Огниво Деберейнера. См. текстъ, стр. 120.

Поглощеніе газа твердыми тѣлами. См. текстъ, стр. 119.



Огниво Деберейнера
См. текстъ, стр. 120.

Для провѣрки теоретически вычисленной скорости перемѣщенія давленія воздуха нашъ опытъ не годится. Необходимо воздѣйствіе болѣе энергичное, чѣмъ простой ударъ по бубну: при опредѣленіи быстроты этой передачи намъ приходится имѣть дѣло съ большими разстояніями, дѣйствіе силы обратно пропорціонально квадратамъ этихъ разстояній, и потому въ данномъ случаѣ становится совершенно неуловимымъ. Мы пользуемся для нашихъ цѣлей пушкой; сгораніе пороха при выстрѣлѣ и переходъ его въ газъ происходитъ тутъ быстро; при этомъ получается сгущеніе воздуха столь сильное, что по отбросу колотушки отъ бубна, какъ это описано выше, мы можемъ наблюдать его и въ тѣхъ случаяхъ, когда бубенъ находится на разстояніи многихъ километровъ отъ пушки. Время, протекшее отъ момента выстрѣла до отклоненія колотушки, служитъ мѣрой скорости распространенія такого сгущенія воздуха.

Получающаяся по этому методу величина скорости молекулы воздуха будетъ не 280 метровъ, какъ того требуетъ кинетическая теорія газовъ, а 333 м. Но опыты показываютъ, что сгущеніе воздуха сопровождается явленіями тепловыми, а это отзывается въ извѣстной степени на нашей скорости распространенія; вліяніе тепловыхъ явленій на молекулы воздуха, находящагося при нормальныхъ атмосферныхъ условіяхъ, таково, что упомянутую нами скорость 280 м. необходимо увеличить приблизительно въ 1, 2 раза. Такъ что и въ этомъ вопросѣ намъ удалось установить полное соотвѣтствіе между теоріей и результатами опыта.

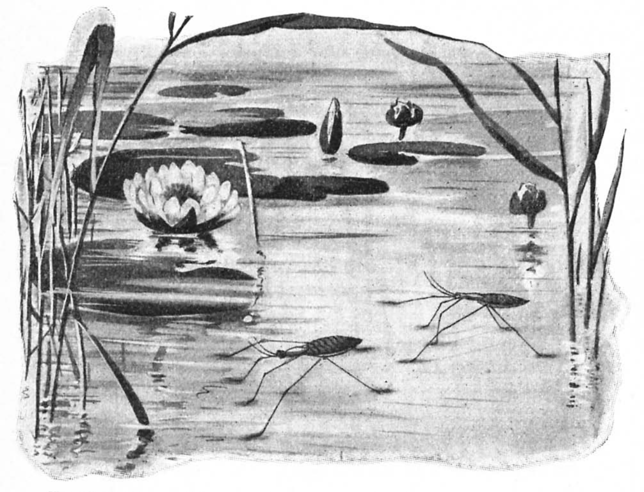


Насѣкомыя, бѣгающія по водѣ. См. текстъ, стр. 120.

Одновременно съ отклоненіемъ колотушки отъ бубна, мы слышимъ у себя на наблюдательной станціи грохотъ, — такъ называемое явленіе звука. Это чувственное впечатлѣніе воспринимается ухомъ, въ которомъ также есть барабанная перепонка и своя колотушка, и сгущеніе воздуха произведетъ на нихъ непремѣнно такое же дѣйствіе, какъ на перепонку бубна (см. рисунокъ на стр. 124). Частью, замѣняющей колотушку у барабанной перепонки уха, служитъ молоточекъ, который плотно прикрѣпленъ къ серединѣ ея и снабженъ приспособленіемъ, позволяющимъ держать эту перепонку всегда туго натянутой, благодаря чему она становится особенно чувствительной къ измѣненіемъ давленій воздуха. Закругленная головка молотка опирается на наковальню, къ которой въ свою очередь прикрѣплено такъ называемое стремя.

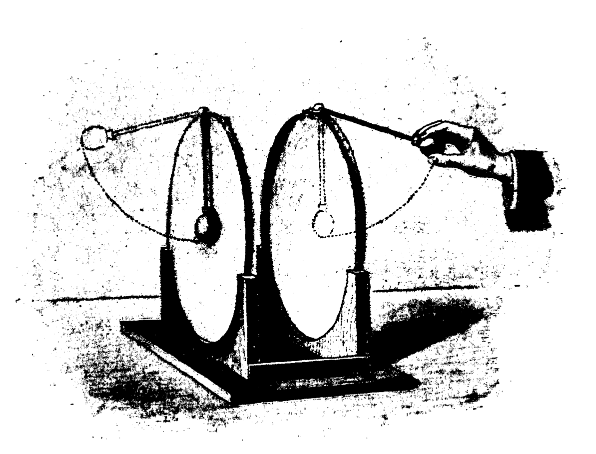
Подъ нимъ находится овальное окно, которое находится въ ушномъ лабиринтѣ и въ свою очередь состоитъ изъ туго натянутой перепонки. Другія стѣнки лабиринта — костяныя; онъ наполненъ жидкостью, въ которой проходятъ своеобразно устроенныя концевые нервы: совершенно ясно, что давленіе, производимое сгущеніемъ воздуха на барабанную перепонку черезъ посредство описанныхъ приспособленій уха, передастся черезъ овальное окно жидкости находящейся въ лабиринтѣ. Оно раздражаетъ окончанія слуховыхъ нервовъ, и это впечатлѣніе, какъ всѣ другія прикосновенія, передается центральной нервной системѣ. Объ этомъ процессѣ мы уже говорили въ введеніи (стр. 27).

Знакомство съ этими сравнительно простыми приспособленіями нашего уха, позволяетъ намъ понять, что всякое внезапное сгущеніе воздуха поблизости отъ насъ произведетъ въ насъ то чувственное впечатлѣніе, которое мы называемъ



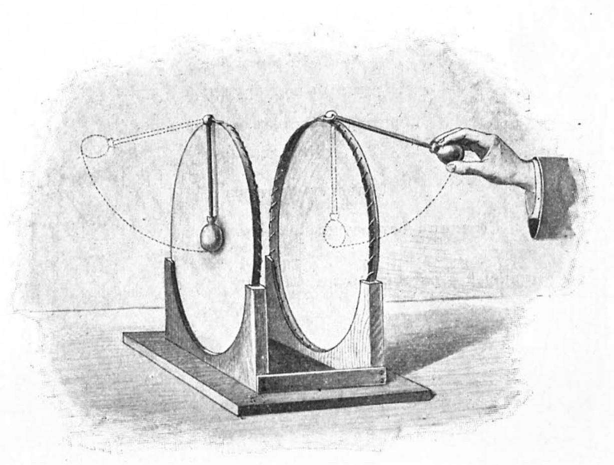
Насѣкомыя, бѣгающія по водѣ. См. текстъ, стр. 120.

звукомъ. Мы увидимъ дальше, что необычайно воспріимчивый органъ слуха способенъ уловить тѣ раздраженія нервовъ, тѣ мельчайшія сгущенія воздуха, которыя уже недоступны для зрѣнія, какъ бы ни были остроумны приборы, которыми мы вооружаемъ нашъ опытъ. На первый взглядъ можетъ показаться страннымъ, что для одного воспріятія такихъ внезапныхъ измѣненій плотности воздуха природой данъ намъ особый органъ. Но не будь его, всѣ тѣ явленія природы, которыми мы теперь будемъ заниматься болѣе подробно, потеряли бы въ нашихъ глазахъ всякій интересъ. Уже тѣхъ представленій о механическихъ движеніяхъ въ газахъ, которыя разсмотрѣны нами выше, было бы достаточно для объясненія ихъ. Опытъ показываетъ намъ всю важность органа слуха для большинства живыхъ существъ, его необходимость для ихъ самосохраненія и безопасности. Глазъ видитъ только то, что дѣлается впереди,—ухо докладываетъ намъ, основываясь на шумѣ, которымъ сопровождается почти каждое движеніе и даже дыханіе, о томъ, что вблизи насъ находится другое существо или предметъ, быть можетъ, угрожающіе намъ опасностью. Свои предостереженія ухо можетъ давать лишь относительно того, что происходитъ въ непосредственной близости отъ насъ; но зато показанія свои оно беретъ со всѣхъ сторонъ, — намъ не приходится каждый разъ поворачиваться въ сторону предмета, какъ при изслѣдованіи глазомъ, имѣющимъ въ свою очередь передъ ухомъ то преимущество, что на большихъ разстояніяхъ его воспріятія точнѣе слуховыхъ.



Передача удара воздухомъ. См. текстъ, стр. 121.

Если ухо, какъ всѣ остальные органы чувствъ, и служитъ прежде всего цѣлямъ самосохраненія, имѣя для этого соотвѣтственное устройство, если нѣсколько простыхъ частей его приспособлены для несенія этой службы, то есть для воспріятія простого шума, то, наряду съ ними, мы видимъ другія части, которыя поражаютъ насъ тонкостью устройства и разносторонностью своихъ функцій и предназначены, очевидно, для цѣлей болѣе высокихъ. Къ такимъ частямъ уха принадлежитъ такъ называемая улитка съ Кортіевымъ органомъ; по Кёлликеру, она представляетъ изъ себя группу изъ 3000 нервныхъ окончаній, — нѣчто въ родѣ струнъ микроскопическаго музыкальнаго инструмента съ опредѣленными и идущими въ извѣстной послѣдовательности длинами. Отсюда легко предположить (предположеніе это, какъ мы увидимъ впослѣдствіи, вполнѣ подтверждается фактами), что звуковыя воспріятія, отличающіяся отъ шума разнообразіемъ своихъ соотношеній и пріятными для нашего чувства сочетаніями, передаются именно этимъ органомъ. Эта способность чувства схватывать и различать всѣ особенности звука при все возрастающей сложности условій жизни, въ которыхъ находится міръ животныхъ, идущій въ своемъ развитіи все выше и выше, весьма желательна, но для самосохраненія въ ней нѣтъ никакой необходимости. Вотъ почему у низшихъ животныхъ этихъ тонкихъ приспособленій мы не находимъ. Отсюда мы заключаемъ, что наши чувства, которыя въ началѣ только насъ предостерегаютъ отъ окружающихъ насъ опасностей, затѣмъ, по мѣрѣ того, какъ мы уходимъ впередъ въ своемъ развитіи, начинаютъ въ то же время все больше и больше служить нашему наслажденію. Можно прямо сказать, что наиболѣе остроумныя и удивительныя изобрѣтенія природы направлены на достиженіе этой частной цѣли, на доставленіе наслажденія красотами явленій природы, которое столь же необходимо, какъ инстинктъ самосохраненія, и, можетъ быть,

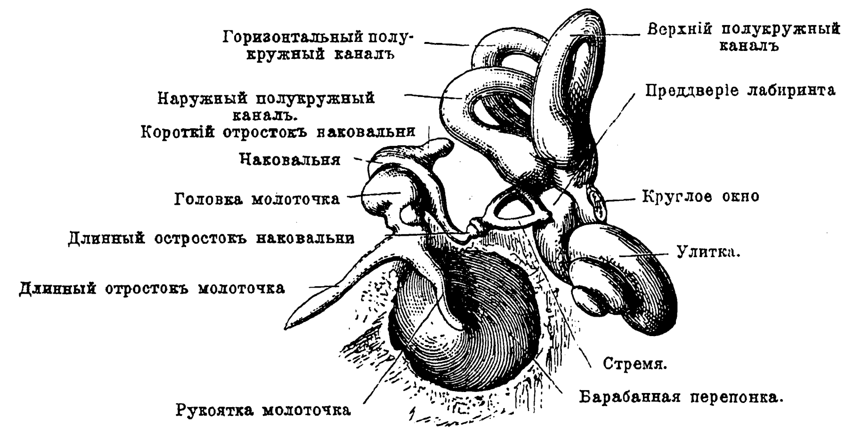


Передача удара воздухомъ. См. текстъ, стр. 121.

является скрытымъ его рычагомъ. Такимъ образомъ эти тонкія приспособленія органовъ чувствъ, которыя удовлетворяютъ только потребности наслажденія жизнью болѣе высокаго порядка и потому на первый взглядъ могутъ показаться ненужными, являются наиболѣе важными ея охранителями.

Чѣмъ же собственно отличается воспріятіе звука отъ воспріятія шума? Чтобы отвѣтить на это, необходимо сперва узнать, въ чемъ состоитъ процессъ возникновенія музыкальнаго звука съ механической точки зрѣнія.

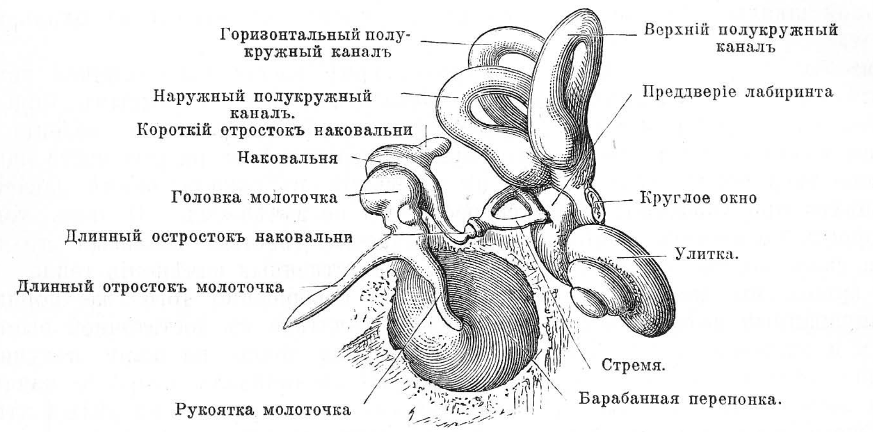
Изъ общихъ нашихъ соображеній о дѣятельности нервной системы при воспріятіи чувственныхъ впечатлѣній мы знаемъ, что для передачи нашему сознанію воспринятаго какимъ-либо органомъ чувства чисто механическаго впечатлѣнія необходимъ извѣстный промежутокъ времени. По новѣйшимъ изслѣдованіямъ, именно по изслѣдованіямъ Рише, оказывается, что этотъ промежутокъ времени для всѣхъ чувственныхъ воспріятій, независимо отъ того какой органъ



Барабанная перепонка, слуховыя косточки и костный лабиринтъ съ правой стороны. Увеличено. См. текстъ, стр. 122.

чувствъ ихъ передаетъ, равняется $^1/_{10}$ секунды. Замедленіе это объясняется не неточностью механическихъ приспособленій воспринимающаго органа чувства, которое можно было бы уподобить такъ называемому мертвому ходу винта, — оно является свойствомъ центральнаго органа нашей нервной системы. При помощи самозаписывающаго электрическаго прибора можно точно установить моментъ появленія того сгущенія воздуха, которое, отбрасывая колотушку отъ перепонки бубна, даетъ намъ ощущеніе звука; оказывается, что зрительное впечатлѣніе отъ пришедшей въ движеніе колотушки запаздываетъ, по сравненію съ моментомъ физическаго событія, на эту двѣнадцатую долю секунды. Если бы подъ вліяніемъ такого рода звуковыхъ явленій колотушка совершила въ теченіи секунды болѣе двѣнадцати колебаній вверхъ и внизъ, то мы видѣли бы уже не колотушку, — у насъ въ глазу получилось бы слитное впечатлѣніе всѣхъ фазъ ея колебанія; мы видѣли бы уже не шаръ, а часть окружности, по величинѣ равную отклоненію этого маятника. Совершенно то же самое происходитъ и съ сопровождающими эти отклоненія слуховыми впечатлѣніями. Если отбивать на барабанѣ дробь, причемъ одинъ ударъ отъ другого будетъ отдѣленъ промежутками времени, меньшими одной двѣнадцатой доли секунды, то отдѣльныхъ ударовъ мы различать уже не будемъ; отдѣльныя впечатлѣнія сольются, и мы получимъ ощущеніе очень низкаго звука. Точно также, если эту дробь отбивать гдѣ-нибудь у насъ на кожѣ, то, при достиженіи сказанной скорости, у насъ получится ощущеніе, но уже не отдѣльныхъ ударовъ, а давленія, распространяющагося сплошь по извѣстному участку тѣла.

Таковъ этотъ основной опытъ, устанавливающій происхожденіе звука изъ отдѣльныхъ звуковыхъ явленій; чтобы обставить его со всей возможной точностью,



Барабанная перепонка, слуховыя косточки и костный лабиринтъ съ правой стороны.
Увеличено. См. текстъ, стр. 122.

пользуются такъ называемой **сиреной**. Сирена состоитъ изъ кружка, въ которомъ продѣланы по концентрическимъ кругамъ отверстія, съ опредѣленнымъ числомъ отверстій для каждаго круга. Дискъ этотъ вращается вокругъ своего центра; скорость такого вращенія регулируется нами. Изъ мѣха мы направляемъ на дискъ, перпендикулярно къ нему, струю воздуха; всякій разъ, какъ такая струя встрѣтитъ отверстіе, часть воздуха пройдетъ, и по ту сторону диска получится сгущеніе. Если на одной изъ окружностей будетъ 12 отверстій и если дискъ въ одну секунду совершаетъ какъ разъ одно вращеніе, то мы знаемъ, что за этотъ промежутокъ времени наше ухо получитъ двѣнадцать толчковъ; если дискъ будетъ двигаться со скоростью вдвое большей, то и число толчковъ удвоится и такъ дальше. При этомъ оказывается, что, при двѣнадцати толчкахъ въ секунду, раздѣльность впечатлѣній утрачивается, а при шестнадцати толчкахъ получается отчетливый звукъ. Если въ секунду мимо струи воздуха проносится 24 отверстія, то получается звукъ, соотвѣтствующій субконтроктавѣ G нашей музыкальной шкалы. Вмѣстѣ съ тѣмъ мы вступаемъ въ область музыкальныхъ звуковъ.

Чѣмъ больше скорость вращенія сирены, тѣмъ выше получающійся звукъ. На первый взглядъ такой фактъ можетъ показаться намъ страннымъ: при соотвѣтственномъ воздѣйствіи на какое-либо другое чувство подобнаго явленія мы указать не можемъ. Скорость осязательныхъ впечатлѣній на разныя части нашей кожи можно увеличивать какъ угодно, но измѣненій въ равномѣрности давленій, начинающихся при указанной выше скорости, мы не замѣчаемъ. И лишь тогда, когда скорость возрастетъ настолько, что появятся дѣйствія тепловыя, то при измѣненіи скорости мы будемъ ощущать и соотвѣтственныя измѣненія тепла. Въ чувствѣ зрѣнія мы также встрѣчаемъ явленія совершенно того же порядка. Если полированный металлическій шаръ будетъ качаться съ достаточной быстротой взадъ и впередъ, то въ глазу отъ свѣтящейся точки на шарѣ получится впечатлѣніе свѣтящейся линіи, и, какъ бы мы ни увеличивали скорость качанія, эта линія остается неизмѣнной. Но теоретически можно указать предѣлъ и здѣсь. Если бы шаръ могъ колебаться со скоростью распространенія свѣтовой волны, то онъ сталъ бы при этомъ испускать свой **собственный** свѣтъ, который при измѣненіи скорости колебанія шара то возрасталъ бы, то убывалъ. Итакъ мы видимъ, что органы чувствъ воспринимаютъ измѣненія скоростей, дѣйствующихъ на нихъ впечатлѣній, лишь въ извѣстныхъ предѣлахъ. По ту и по другую сторону отъ этихъ предѣловъ они или ничего не воспринимаютъ, или если воспринимаютъ, то впечатлѣнія неизмѣняющіяся. Первыя по порядку впечатлѣнія воспринимаются ухомъ. Его способность улавливать разницу въ скоростяхъ смѣняющихъ другъ друга впечатлѣній начинается тамъ, гдѣ кончается воспріятіе отдѣльныхъ впечатлѣній. Внося въ нашъ опытъ съ сиреной соотвѣтствующія усовершенствованія, можно будетъ показать, что при быстротѣ смѣны впечатлѣній, доходящей до 38,000 разъ въ секунду, ухо уже перестаетъ получать ощущеніе звука. Музыкальные звуки, вообще говоря, не идутъ дальше 3900 ударовъ, обусловленныхъ сгущеніями воздуха. На нашей шкалѣ этотъ наиболѣе высокій тонъ обозначается нотой h на четвертой приписной. Несмотря на то, что при **числѣ колебаній**, большемъ, нежели 38,000 разъ въ секунду, звука уже не слыхать, можно показать что, всѣ тѣ физическія свойства звука (въ частности свойства звуковъ музыкальныхъ), о которыхъ мы еще будемъ говорить, остаются неизмѣнными при частотѣ смѣнъ, несравненно болѣе высокой. У **Кёнига**, въ его опытахъ, эта частота доведена была до 90,000 колебаній въ секунду. Итакъ, въ нашемъ ухѣ должно существовать такое приспособленіе, которое въ опредѣленныхъ предѣлахъ на каждое число колебаній отвѣчаетъ особеннымъ образомъ. Это и есть тотъ Кортіевъ органъ, съ которымъ мы уже познакомились.

Производя такого рода изслѣдованія, мы часто испытываемъ особенно гармоничныя ощущенія, обусловливаемыя созвучіемъ извѣстныхъ, отличающихся другъ отъ друга, тоновъ; соединеніе этихъ тоновъ въ самыхъ разнообразныхъ сочетаніяхъ и составляетъ задачу искусства музыкальнаго творчества, искусства,

дарованнаго природой живущимъ въ ней существамъ просто для наслажденія радостью бытія еще задолго до того, какъ она дошла до мыслящаго человѣка. Мы знаемъ, что изъ цѣлаго ряда тоновъ ухо можетъ подобрать къ какому-нибудь основному тону одинъ тонъ, скажемъ его октаву, созвучіе которой съ нимъ вызываетъ въ насъ особенно пріятное ощущеніе. Этотъ выборъ ухо производитъ съ удивительной безошибочностью, такъ какъ всякое незначительное уклоненіе въ этомъ смыслѣ производитъ впечатлѣніе гораздо болѣе непріятное, чѣмъ уклоненіе большое. Мы говоримъ тогда, что созвучіе разстроено, и что ощущеніе, получаемое нами при этомъ, непріятно, какъ это видно изъ самаго словообразованія: выраженіе это мы употребляемъ тогда, когда душа наша разстроена житейскими неудачами (дисгармоніями).

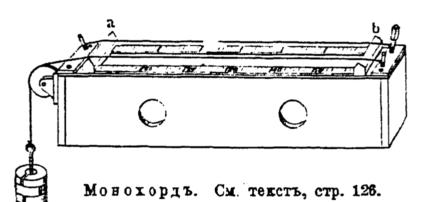
Изслѣдуя физическія соотношенія между двумя тонами, составляющими октаву, нашли, что болѣе высокому изъ этихъ тоновъ отвѣчаетъ число колебаній въ два раза большее, чѣмъ то, которое соотвѣтствуетъ болѣе низкому. Если въ сиренѣ имѣются два ряда концентрическихъ отверстій, причемъ въ одномъ изъ нихъ отверстій въ два раза больше, чѣмъ въ другомъ, то, вдувая воздухъ сразу въ оба ряда, будемъ получать тона, вмѣстѣ всегда составляющіе октаву, какъ бы ни мѣнялась ихъ высота, при измѣненіи скорости вращенія диска.

Тѣми же свойствами обладаютъ и струны; ихъ примѣненіе въ музыкальныхъ инструментахъ извѣстно. При ударѣ струна, если только она туго натянута, начинаетъ совершать правильныя, слѣдующія общимъ законамъ механики, колебанія, которыя сообщаются окружающему воздуху, и вызываютъ въ немъ точно такія же сгущенія и разрѣженія, какъ сирена или бубенъ. Опыты съ музыкальными инструментами показываютъ, что тонъ, издаваемый струной, будетъ тѣмъ выше, чѣмъ струна тоньше, то-есть чѣмъ меньше ея масса, чѣмъ сильнѣе она натянута и чѣмъ она короче, причемъ сравниваемыя струны, разумѣется, должны быть изъ одного и того же матеріала. Въ скрипкѣ четыре струны, длина которыхъ одна и та же; даютъ онѣ неодинаковые тоны потому, что онѣ неодинаковой толщины. Чтобы настроить инструментъ, то-есть извѣстнымъ образомъ измѣнить соотношеніе между высотами тоновъ, издаваемыхъ струнами, мы натягиваемъ или ослабляемъ струны; прикладывая же палецъ къ струнѣ, мы измѣняемъ собственную ея длину. Что все это такъ и должно быть, видно уже изъ тѣхъ теоретическихъ соображеній, которыя приведены нами на стр. 83; мы нашли для скорости распространенія волны вдоль по струнѣ такое выраженіе: $v = \sqrt{\frac{T}{m}}$, гдѣ T — натяженіе струны, а m масса одного изъ ея элементовъ, совершающихъ колебанія. Одному полному колебанію соотвѣтствуетъ пробѣгъ волны по струнѣ впередъ и назадъ, а потому для опредѣленія числа колебаній, совершаемыхъ струной въ теченіе одной секунды, надо раздѣлить удвоенную длину струны на найденную нами скорость распространенія волны. Называя эту длину l, получаемъ, что число колебаній $n = \frac{v}{2l}$. Эти двѣ формулы позволяютъ намъ по данной длинѣ струны предвычислить высоту издаваемаго ею тона. Для сравненія теоріи съ тѣмъ, что наблюдается въ дѣйствительности, пользуются такъ называемымъ монохордомъ, рисунокъ котораго помѣщенъ на стр. 127. Существенную часть этого прибора представляетъ металлическая проволока или струна животнаго происхожденія; перебросивъ ее черезъ блокъ, привѣшиваютъ къ ней гири. Увеличивая и уменьшая число ихъ, мы будемъ мѣнять натяженіе струны, а двѣ кобылки a и b, которыя перемѣщаются вдоль по длинѣ струны, позволяютъ придать ей ту или другую (въ смыслѣ способности приходить въ колебанія) длину.

Пусть натянутая проволока длиной въ 1 м., при извѣстномъ натяженіи, издаетъ въ точности нормальное A, такъ называемаго французскаго строя. Можно показать, что при этомъ она совершаетъ 435 колебаній въ секунду. Разумѣется это A — такая же условная величина, какъ длина метра, объемъ литра и т. д., которыя введены въ цѣляхъ единообразія въ измѣреніяхъ. Въ старо-нѣмецкомъ строѣ нормальному A соотвѣтствуетъ 440 колебаній, — стало быть, это A нѣ-

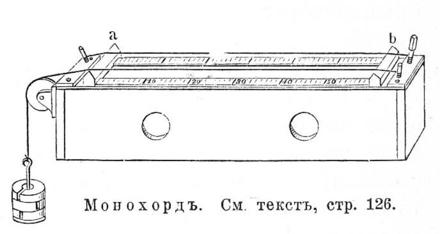
сколько выше общепринятаго теперь французскаго. Если кобылку въ монохордѣ установить какъ разъ по серединѣ струны и если остальныя условія тѣ же, что и въ предыдущемъ опытѣ, то полъ струны пробѣгутъ колебанія во время въ два раза меньшее, чѣмъ то, какое требовалось для пробѣга цѣлой струны, а потому теперь струна станетъ совершать (по Парижскому строю) 870 колебаній въ секунду. Соображенія эти подтверждаются какъ точнымъ измѣреніемъ чиселъ колебаній въ томъ и другомъ случаѣ, такъ и тѣмъ, что говоритъ намъ наше ухо, а оно совершенно отчетливо отличаетъ тонъ, составляющій октаву съ основнымъ тономъ. Слѣдующую по высотѣ октаву мы будемъ имѣть, укоротивъ струну такъ, чтобы получить четверть первоначальной ея длины; теперь она будетъ совершать 1,740 колебаній. Наконецъ, струна длиной въ $\frac{1}{8}$ первоначальной (матеріалъ струны и ея натяженіе тѣ же, что и раньше) совершаетъ 3,480 колебаній въ секунду, и у насъ получается тонъ a_4.

Но не одни составляющіе октаву тоны благозвучны, мы отличаемъ въ этомъ смыслѣ также квинты, кварты, терціи и т. д. Соотвѣтствующія имъ числа колебаній находятся также въ простыхъ соотношеніяхъ. Отношеніе чиселъ колебаній въ октавѣ равно 1:2; для квинты мы будемъ имѣть отношеніе 2:3; для кварты 3:4; для большей терціи 4:5, для малой терціи 5:6 и т. д. Тѣ же соотношенія должны существовать и для длинъ двухъ однородныхъ и одинаково натянутыхъ струнъ, когда совмѣстное колебаніе ихъ производитъ тотъ или другой чистый аккордъ. Этотъ замѣчательный фактъ былъ извѣстенъ уже пиѳагорейцамъ и до того поражалъ всѣхъ своей необычайностью, что въ немъ готовы были усмотрѣть разгадку тайны природы. Отсюда ведетъ свое начало возвышенная идея гармоніи сферъ, которая властвовала надъ умами истолкователей природы вплоть до реформаціи науки о природѣ и вдохновила Кеплера на поиски истинныхъ законовъ небесныхъ движеній, которые, какъ онъ думалъ, должны были основываться именно на такихъ простыхъ соотношеніяхъ. Это было первымъ предчувствіемъ существованія великаго единства въ міровомъ бытіи, того единства, которое столь же невѣдомо намъ, какъ и пиѳагорейцамъ, и которое мы стараемся выразить, но, разумѣется, уже не отношеніями простыхъ чиселъ, а простыми математическими выраженіями — законами природы. Собственно не знаемъ мы и по сей день, почему это простыя соотношенія чиселъ колебаній вызываютъ въ насъ удовольствіе, но мы убѣждены въ томъ, что удовольствіе это проистекаетъ изъ всепроникающаго стремленія природы къ стройности и единству.



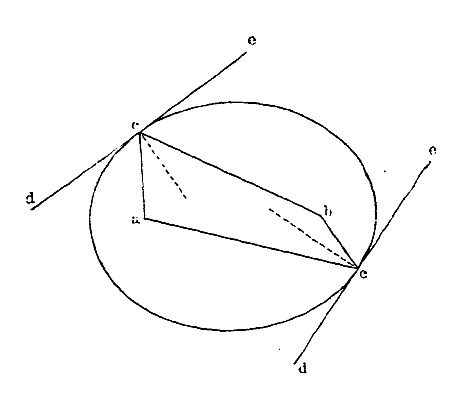
Монохордъ. См. текстъ, стр. 126.

Во всѣхъ тѣхъ музыкальныхъ инструментахъ, гдѣ, какъ въ роялѣ, мы имѣемъ шкалу неизмѣняющихся тоновъ, нельзя получить чистыхъ квинтъ, чистыхъ квартъ и т. д., не разстраивая въ то же время октавъ. Положимъ, мы ищемъ для основного тона a, которому соотвѣтствуетъ 435 колебаній, его чистую большую терцію, то есть тонъ съ $\frac{5}{4}$ этого числа колебаній; мы находимъ, что ему отвѣчаетъ 543,8 колебаній, то есть, что это чистый скрипичный тонъ cis. Примемъ теперь это cis за основной тонъ и отыщемъ для него большую терцію; у насъ получится тонъ съ 679,8, — а этотъ тонъ въ обычной гаммѣ носитъ наименованіе f. По отношенію къ a, какъ тону основному, это f представляетъ малую сексту, которая, при соблюденіи въ строѣ полной чистоты, характеризуется числомъ колебаній, равнымъ $\frac{8}{5}$ числа колебаній основного тона, или числомъ 696. Стало быть, между числами колебаній, соотвѣтствующихъ одному и тому же f, будетъ разница въ 16 колебаній, смотря потому, что мы беремъ за основной тонъ — a или cis. Точно также, разница получится и для всѣхъ остальныхъ тоновъ. Поэтому для инструментовъ съ неизмѣннымъ строемъ надо было при-



Монохордъ. См. текстъ, стр. 126.

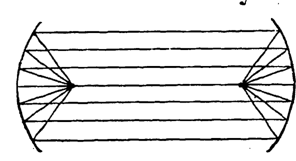
думать равномѣрно наростающую гамму. Въ получающемся по этой мысли темперированномъ фортепьяно только для октавъ строго соблюдено отношеніе чиселъ колебаній (именно 1 : 2), для квинты мы имѣемъ уже отношеніе 2 : 2,997, для кварты — 3 : 4,004, для большой терціи — 4 : 5,039 и т. д. Допускаемыя при этомъ уклоненія отъ точныхъ соотношеній должны быть тѣмъ меньше, чѣмъ самыя отношенія проще, потому что въ этомъ случаѣ ухо черезвычайно легко улавливаетъ всякую неточность въ строѣ.

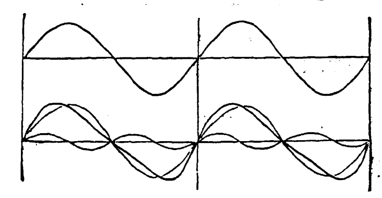


Отраженіе звука въ эллипсѣ. См. текстъ, стр. 128.

Мы уже видѣли, что струны сообщаютъ воздуху волнообразное движеніе. При разсмотрѣніи общихъ механическихъ принциповъ движенія мы познакомились съ нѣкоторыми свойствами волнообразнаго движенія и, если правильны наши основныя воззрѣнія на матерію, то съ свойствами этими мы должны встрѣтиться и при изученіи явленій звука. Опытъ показываетъ намъ, что колебанія отражаются, то есть отбрасываются и соединяются съ вновь надвинувшимися волнами, причемъ получаются узловыя точки, стоячія волны и явленія такъ называемой интерференціи. Не можемъ ли мы указ ать на аналогичные факты также въ области звука?

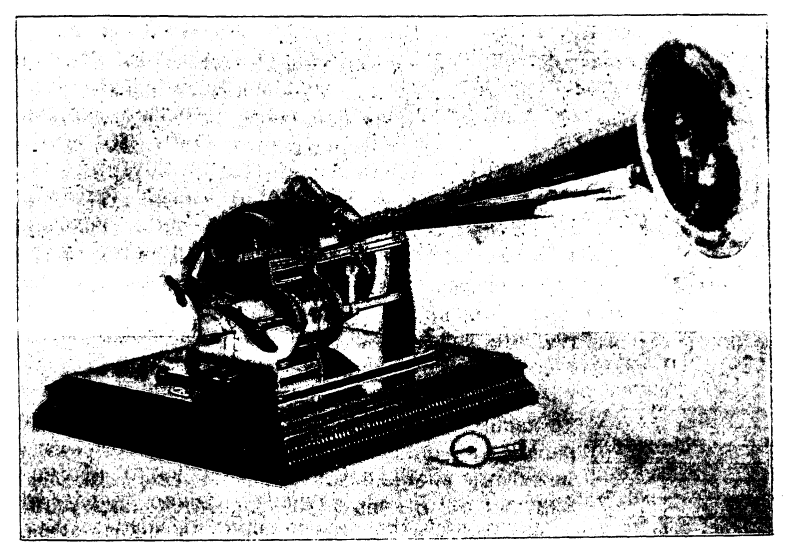
Что звукъ отражается, это знаетъ каждый ребенокъ, если онъ хоть разъ слышалъ эхо. Звуковыя волны, порожденныя нашимъ голосомъ, доходятъ до какой-нибудь стѣны, опушки лѣса или, вообще говоря, до какого-нибудь предмета, мѣшающаго ихъ дальнѣйшему распространенію, и спустя нѣкоторое время (этотъ промежутокъ времени зависитъ отъ скорости звука, равной 333 м. въ секунду) возвращаются назадъ, не измѣнивъ своего вида. Часто мы слышимъ многократное эхо; оно получается, по большей части, въ силу того, что звукъ, отразившись отъ какого-нибудь предмета по направленію къ намъ, отбрасывается въ то же время по направленію къ другому препятствію; это препятствіе должно занимать по отношенію къ намъ и къ первому препятствію положеніе, требуемое закономъ отраженія, закономъ, по которому уголъ паденія равенъ углу отраженія (см. стр. 90). Этотъ законъ можно наблюдать въ очень интересной формѣ въ одномъ изъ гротовъ у Сиракузъ, въ такъ называемомъ Ухѣ Діонисія. Этотъ гротъ, какъ храмъ мормоновъ у Соленаго озера (Salt Lake), имѣетъ эллипсоидальный сводъ. Все, что вы шепчете въ одномъ изъ его фокусовъ, такъ отчетливо слышно въ другомъ, что можно подумать, что говорятъ именно здѣсь, въ то время какъ въ промежуточныхъ точкахъ, лежащихъ ближе къ первому фокусу, не слышно ничего. Объясняется это геометрическими свойствами эллипса. Если взять на его контурѣ какую-нибудь точку и соединить ее съ обоими фокусами, a и b, то углы dca и ecb, образованные этими прямыми ac и bc съ касательной къ эллипсу de, которую мы можемъ провести въ любой его точкѣ, будутъ всегда равны (см. чертежъ на стр. 128). Благодаря такому свойству эллипса, требованія закона отраженій осуществляются, и звуковые лучи, исходящіе изъ фокуса, и отражающіеся отъ стѣнъ эллиптическаго свода, встрѣтятся въ другомъ фокусѣ, гдѣ дѣйствіе ихъ, стало быть, опять соединится. Въ физическомъ кабинетѣ этотъ опытъ можно воспроизвести въ нѣсколько иной формѣ при помощи двухъ параболическихъ зеркалъ. Всѣ лучи, исходящіе изъ нѣко-


Отраженіе въ вогнутыхъ зеркалахъ. См. текстъ, стр. 129.


Видъ колебаній. См. текстъ, стр. 129.

торой точки, находящейся передъ такимъ зеркаломъ, и попадающіе на него, далѣе, въ силу геометрическихъ свойствъ зеркала, отправляются уже по направленіямъ параллельнымъ; поэтому на любомъ разстояніи отсюда ихъ можно принять на второе параболическое зеркало, которое и сведетъ ихъ вновь въ одну точку (см. чертежъ на стр. 128). Повѣсимъ въ такой точкѣ карманные часы: тиканіе ихъ въ другой такой точкѣ будетъ слышно вполнѣ отчетливо, почти такъ, какъ если-бъ мы приложили ихъ прямо къ уху, но, если перемѣстить ухо немного въ сторону отъ этой точки, то мы уже ничего не услышимъ.

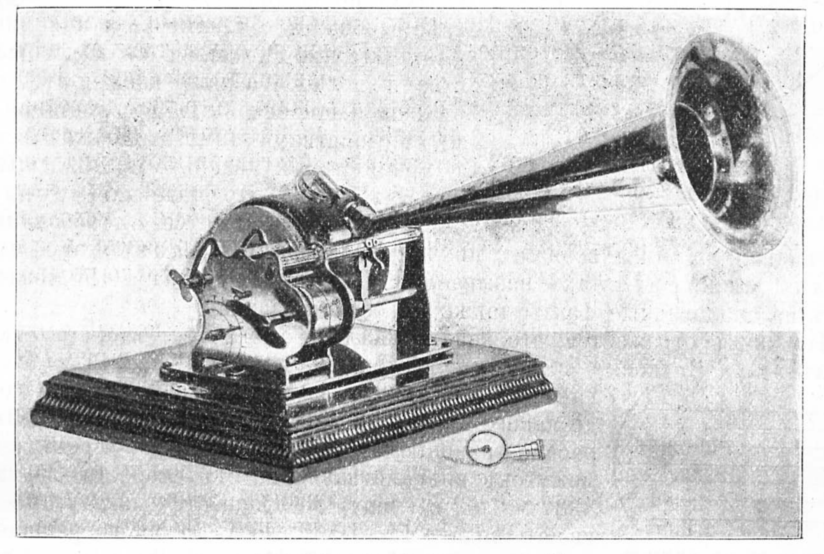
Мы занимались на стр. 86 изученіемъ колебаній натянутыхъ веревокъ и видѣли, что отраженіе волнъ отъ закрѣпленныхъ концовъ веревки даетъ узловыя точки. То же явленіе наблюдается и тогда, когда колеблется струна. Если



Фонографъ. См. текстъ, стр. 130.

сообщенный ей ударъ не былъ математически точенъ, если, стало быть, между неподвижными ея концами, кромѣ тѣхъ движеній, которыя соотвѣтствуютъ собственному числу ея колебаній, будутъ и другія, то эти сопутствующія движенія, будучи меньше основныхъ колебаній, отразившись отъ концовъ струны, образуютъ на ней узловыя точки. Видъ колеблющейся струны можно сравнить съ морской волной, пучности и углубленія которой покрыты множествомъ мелкихъ волнъ, рябью. Не надо прибавлять, что свойства этихъ сопутствующихъ колебаній зависятъ отъ самого колеблющагося тѣла. Тѣмъ или другимъ распредѣленіемъ этихъ узловыхъ точекъ въ звучащемъ тѣлѣ обусловливается то, что мы называемъ тембромъ, или звуковой окраской музыкальнаго инструмента. Благодаря этимъ второстепеннымъ колебаніямъ получаются такъ называемые обертоны.

Наряду съ собственными нормальными колебаніями у струны могутъ быть еще такія, которыя по частотѣ превосходятъ эти основныя колебанія въ два и три раза, но только амплитуды ихъ, какъ показываетъ помѣщенный у насъ чертежъ, будутъ въ соотвѣтственномъ отношеніи меньше. Вмѣстѣ съ основнымъ тономъ мы можемъ слышать слѣдующую по высотѣ октаву, правда, значительно менѣе напряженную по силѣ, и еще болѣе слабую квинту. Эта комбинація звуковъ и придаетъ струнѣ свойственную ей особую звуковую окраску. Второстепенныя колебанія въ нѣкоторыхъ мѣстахъ струны усиливаютъ главное колебаніе. въ другихъ — ослабляютъ. Мы можемъ изобразить это на чертежѣ, соединяя совпаденія линіи волнъ вмѣстѣ (см. чертежъ на стр. 128); это и будетъ видъ, принимаемый колеблющейся струной въ дѣйствительности.



Фонографъ. См. текстъ, стр. 130.

Эти факты находятъ подтвержденіе въ результатахъ, добытыхъ при помощи инструмента, получившаго въ послѣднее время большое распространеніе; мы говоримъ о фонографѣ, приборѣ, записывающемъ звуки (см. рисунокъ на стр. 129), которому изобрѣтательный Эдиссонъ придалъ весьма совершенную форму. Въ общихъ чертахъ устройство его состоитъ въ слѣдующемъ: онъ имѣетъ мембрану, которую дѣлаютъ изъ различныхъ матеріаловъ, — изъ тонкихъ металлическихъ пластинокъ, изъ стекла, слюды и т. д.; къ серединѣ этой мембраны прилаживается ножичекъ, имѣющій форму полаго шара. Мембрану и ножичекъ можно сравнить съ барабанной перепонкой и молоточкомъ. Ножичекъ, слегка нажимая, скользитъ по вращающемуся валику, покрытому слоемъ парафина, на которомъ медленно перемѣщающійся въ сторону ножикъ прочерчиваетъ спиральную бороздку. Если давленіе ножичка на валикъ не мѣняется, бороздка повсюду имѣетъ одну и ту же глубину. Но лишь только звуковыя волны приведутъ мембрану въ колебательное состояніе, ножикъ начнетъ опускаться въ парафиновый слой въ зависимости отъ этихъ колебаній то больше, то меньше. Если вмѣсто ножа, имѣющаго форму полаго шара, приладить шаръ того же діаметра и если этотъ шаръ будетъ проходить по бороздамъ, проведеннымъ до этого ножомъ, то мембрана начнетъ совершать тѣ колебанія, благодаря которымъ получались въ парафинѣ углубленія. Они сообщаются воздуху и нашей барабанной перепонкѣ, производя на ухо то же впечатлѣніе, что и колебанія, исходящія непосредственно изъ первоисточника. Съ помощью этого инструмента можно закрѣплять всякаго рода звуковыя колебанія и затѣмъ, спустя сколько угодно времени, снова вызывать ихъ предъ ухомъ.

Изученіе формъ углубленій, получающихся на валикѣ, показываетъ, что это какъ разъ тѣ волнообразныя линіи, какія у насъ начерчены выше. Ухо отличаетъ въ фонографической передачѣ тембръ различныхъ инструментовъ совершенно отчетливо; ухо слышитъ, на какомъ инструментѣ исполняется музыкальное произведеніе: на струнномъ ли, духовомъ или деревянномъ, такъ какъ каждому роду музыкальныхъ инструментовъ присущи свои комбинаціи обертоновъ. Но каждый знаетъ, что фонографъ не во всѣхъ случаяхъ точно передаетъ тембръ инструмента. Слышится какая-то примѣсь, что-то напоминающее собой звучаніе металлической пластинки, а высокіе тона становятся прямо пронзительными. Часто думаютъ, что эта примѣсь объясняется тѣмъ, что на звукахъ отзываются форма и свойства рупора, усиливающаго звуковыя колебанія, направленныя на мембрану или идущія отъ нея. Иначе говоря, предполагаютъ, что рупоръ привноситъ свои особенные тона. Но неточная передача объясняется на самомъ дѣлѣ не примѣсью новыхъ звуковъ, а недочетами. Не всѣ тонкія колебанія обертоновъ, еще воспринимаемыя ухомъ, могутъ быть записаны, выгравированы на валикѣ. Не надо забывать, что ножъ фонографа, при записываніи высокихъ тоновъ, долженъ прорѣзывать тысячи углубленій въ секунду и, кромѣ того, снабдить получающіяся волнообразныя линіи необычайно тонкими изгибами, соотвѣтствующими обертонамъ. Остается только удивляться искусству, съ какимъ современные механики сооружаютъ столь тонкіе приборы, какъ фонографы. Отсюда понятно, почему фонографъ оказывается не вполнѣ на высотѣ своей задачи, когда приходится передавать тона высокіе: соотвѣтствующія имъ волны, которыя должны быть записаны на воскѣ, имѣютъ въ этомъ случаѣ самые ничтожные размѣры. Этимъ объясняется и то, что въ тембрѣ инструментовъ въ фонографѣ слышится нѣчто металлическое: у духовыхъ инструментовъ обертоновъ сравнительно немного.

Слѣдующій опытъ съ фонографомъ представляетъ для насъ особый интересъ. Если, при исполненіи какой-нибудь пьесы на фонографѣ, ходъ валика будетъ быстрѣе или медленнѣе, чѣмъ при принятіи этой пьесы на валикъ, то вся она повысится или понизится, но въ мелодіи не произойдетъ никакихъ перемѣнъ; измѣняя скорость вращенія валика, мы можемъ совершенно правильно транспонировать пьесу въ любой тональности. Этотъ фактъ станетъ для насъ понятнымъ, если мы вспомнимъ, что гармонія въ звукахъ зависитъ отъ извѣстныхъ числа-

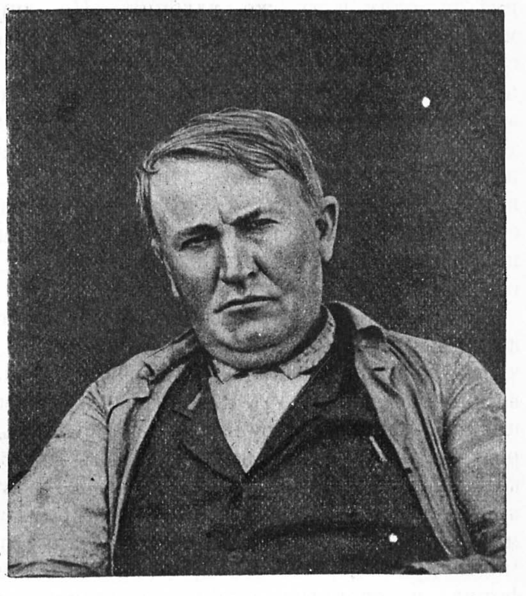
выхъ соотношеній. Если валикъ будетъ вращаться въ два раза скорѣе, вся пьеса повысится ровно на октаву. Это какъ разъ то самое явленіе, какое намъ уже извѣстно по опытамъ съ сиреной. Отсюда мы видимъ, какъ важно, чтобы валикъ фонографа двигался по возможности совершенно равномѣрно: въ противномъ случаѣ даже правильно сыгранная пьеса воспроизводится фонографомъ невѣрно: при неравномѣрности хода, теряется то соотношеніе между числами колебаній послѣдовательно смѣняющихся тоновъ, которымъ объясняется ихъ гармонія.

Существованіе обертоновъ можно прослѣдить и на основаніи другого важнаго явленія, относящагося къ области звука; мы говоримъ о такъ называемомъ *резонансѣ*. Чтобы представить себѣ дѣйствіе резонанса, обратимся къ нашему основному опыту съ двумя бубнами, одинъ изъ которыхъ, по сообщеніи ему удара, производитъ сгущеніе воздуха, а другой приходитъ, благодаря этому, въ точно такое же движеніе. Точно также звуковыя волны, возбужденныя колеблющимся тѣломъ, стремятся привести въ такое же движеніе всѣ прочія тѣла, находящіяся въ сферѣ ихъ дѣйствія: воздухъ прямо сообщаетъ имъ толчки. Могучіе звуки органа приводятъ въ сотрясеніе все, что находится возлѣ инструмента. При обыкновенныхъ условіяхъ сотрясенія, производимыя въ воздухѣ другими тонами, обладающими силой сравнительно ничтожной, совершенно незамѣтны. Но въ извѣстныхъ случаяхъ ихъ малыя дѣйствія складываются и становятся ощутимыми, по крайней мѣрѣ, для уха съ его удивительно тонкимъ воспринимающимъ аппаратомъ. Мы пояснимъ это извѣстнымъ примѣромъ, взятымъ изъ другой области.



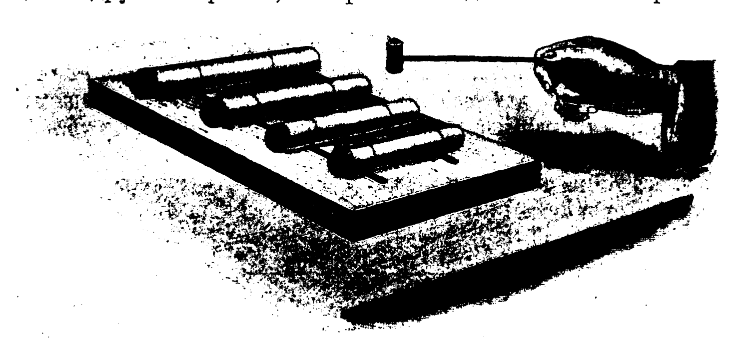
Т. Эдиссонъ. Съ фотографіи. См. текстъ, стр. 130.

Наши инженеры умѣютъ строить висячіе мосты черезъ потоки и заливы. Эти сооруженія, какъ того требуетъ ихъ конструкція, должны обладать значительнымъ внутреннимъ натяженіемъ, величину котораго съ помощью разобранныхъ нами законовъ механики мы можемъ вычислить. Эти натяженія и неизбѣжная упругость матеріаловъ, идущихъ на постройку мостовъ, сообщаютъ имъ совершенно тѣ же свойства, какими обладаютъ струны, — они имѣютъ *собственныя колебанія* совершенно опредѣленныхъ размѣровъ, и если мосту сообщенъ толчекъ, то онъ еще долго колышется вверхъ и внизъ, хотя бы другихъ толчковъ онъ уже больше не получалъ. Мосты эти строятся такъ прочно, что ихъ можно сплошь уставить людьми, не опасаясь причинить имъ какого-либо поврежденія. Тѣмъ не менѣе, передвиженіе даже небольшого числа людей, какого-нибудь отряда солдатъ, можетъ иногда оказаться для такого гигантскаго сооруженія роковымъ, если они будутъ идти по мосту въ ногу, потому что между ритмомъ марширующихъ солдатъ и числомъ собственныхъ колебаній моста можетъ при этомъ установиться одно изъ простыхъ соотношеній. Пусть, напримѣръ, мостъ колеблется въ одномъ темпѣ съ движеніями солдатъ: если онъ въ какой-нибудь моментъ подъ вліяніемъ сообщеннаго ему раньше толчка движется внизъ, то въ тотъ же моментъ ударъ ногъ солдатъ сообщитъ ему новый толчекъ въ томъ же направленіи и амплитуда его колебаній увеличится. Сила, съ какой небольшое число людей, равномѣрно маршируя, дѣйствуютъ на мостъ, увеличится во сто разъ, если солдаты пройдутъ въ томъ же темпѣ сто шаговъ, и мостъ, наконецъ, можетъ обрушиться подъ такимъ небольшимъ числомъ людей, несмотря на то, что при обычныхъ условіяхъ онъ можетъ поднять грузъ, во сто разъ большій.

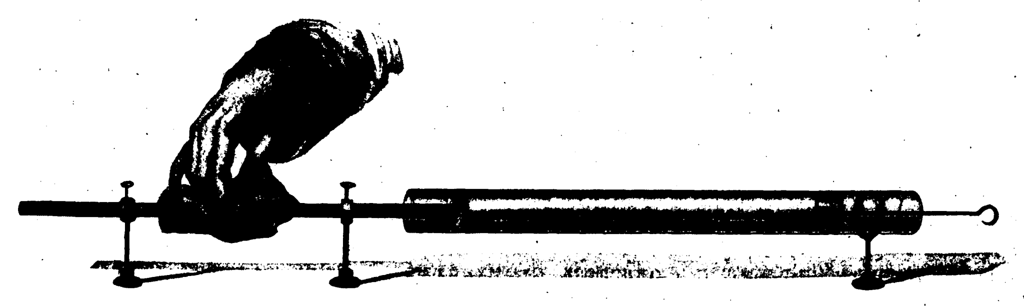


Т. Эдиссонъ. Съ фотографіи. См. текстъ, стр. 130.

То же явленіе мы наблюдаемъ и на колеблющихся струнахъ. Исходящія отъ нихъ волны воздуха—тѣ же марширующіе въ ногу солдаты. Если онѣ встрѣчаютъ струну, характеризующуюся тѣмъ же числомъ колебаній, то ихъ дѣйствія складываются, и струна мало-по-малу начинаетъ замѣтно колебаться. Убѣдиться въ этомъ можно, проведя смычкомъ по скрипкѣ, по близости отъ которой находится другая скрипка, настроенная одинаково съ первой. Эта вторая скрипка, до которой мы не дотрагиваемся, издаетъ тотъ же самый тонъ, который издается первой, и будетъ продолжать звучать еще долго послѣ прекращенія колебаній возбудившихъ ее струнъ первой скрипки. Это совмѣстное колебательное состояніе или, лучше сказать, послѣдующее колебательное состояніе и называется резонансомъ. Не надо доказывать, что явленіе обертоновъ, сопровождающихъ основной тонъ, становится возможнымъ также благодаря резонансу. Если число колебаній одной струны въ два раза больше числа колебаній другой, то колебанія этихъ струнъ черезъ одно будутъ взаимно усиливаться. Любой тонъ обусловливаетъ звучаніе ближайшей высшей октавы. Это легко повѣрить на фортепьяно. Если надавить на педаль и освободить такимъ образомъ струны, которыя теперь будутъ колебаться безпрепятственно, и если нѣсколько разъ сильно ударить по какой нибудь клавишѣ и затѣмъ тотчасъ заглушить звукъ, нажимая на струну пальцемъ, но не прикасаясь къ другимъ струнамъ, то мы услышимъ совершенно отчетливо ближайшую верхнюю октаву этого звука. Что струна, соотвѣтствующая этой октавѣ, дѣйствительно начинаетъ колебаться, можно показать, насадивъ на



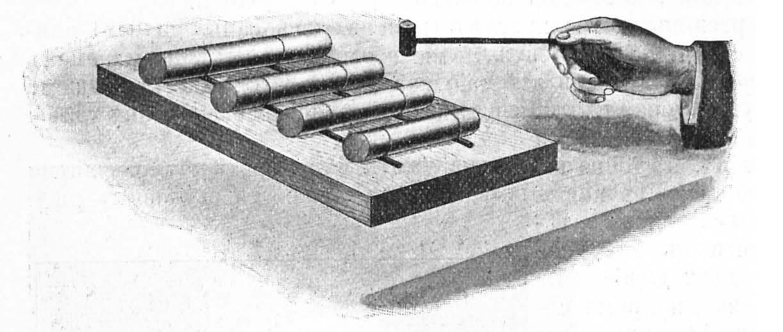
Звучаніе палочекъ. Полученіе наиболѣе высокихъ изъ доступныхъ нашему уху тоновъ. См. текстъ, стр. 133.



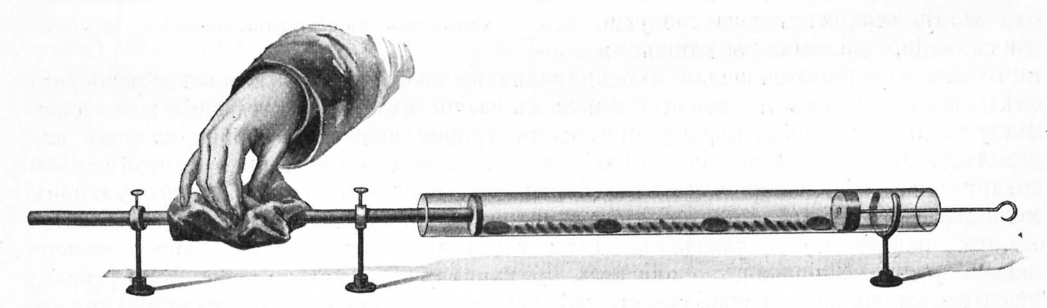
Кундтовы фигуры. См. текстъ, стр. 133.

струны маленькихъ бумажныхъ рейтеровъ. Если ударить по струнѣ, издающей у насъ основной тонъ, то бумажки на всѣхъ струнахъ, кромѣ той, которая звучитъ въ октаву, останутся въ покоѣ; съ октавы же онѣ слетятъ.

Если, накладывая пальцы на соотвѣтственныя клавиши, внести въ опытъ измѣненіе, состоящее въ томъ, что теперь свободно колебаться вмѣстѣ съ основнымъ тономъ можетъ лишь верхняя его октава, то для тонкаго слуха получающійся теперь путемъ резонанса звукъ будетъ носить нѣсколько иную окраску, чѣмъ въ первомъ опытѣ, гдѣ могли колебаться вмѣстѣ со струной, издающей основной тонъ, всѣ остальныя струны. Это показываетъ намъ, что, благодаря резонансу, получаются, кромѣ верхней октавы, и другіе обертоны, что, впрочемъ, сразу вытекаетъ изъ нашего механическаго воззрѣнія на сущность этого процесса. Если



Звучанiе палочекъ. Полученiе наиболѣе высокихъ изъ доступныхъ нашему уху тоновъ. См. текстъ, стр. 133.

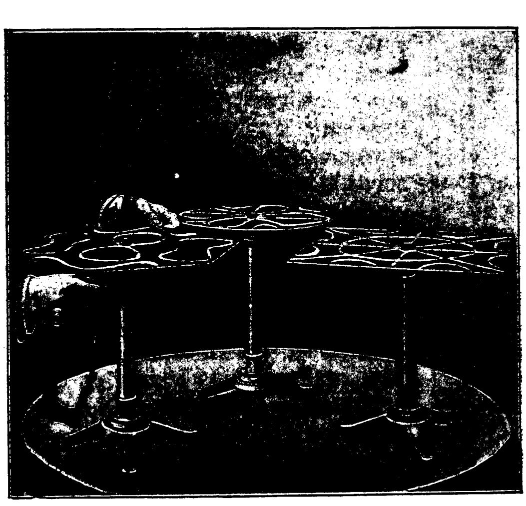


Кундтовы фигуры. См. текстъ, стр. 133.

вмѣсто колеблющихся струнъ брать тѣла, поверхности которыхъ приводятъ въ колебаніе бòльшія количества воздуха, чѣмъ тонкая струна, но при томъ имѣютъ число колебаній вполнѣ опредѣленное, то можно значительно усилить дѣйствіе какого-нибудь опредѣленнаго тона на наше ухо, и оно будетъ выдѣлять его изъ смѣси нѣсколькихъ даже гораздо болѣе громкихъ звуковъ. Этимъ путемъ и шелъ Гельмгольцъ, производя свои знаменитыя изслѣдованія надъ обертонами, изложенныя въ его „Ученіи о звуковыхъ ощущеніяхъ".

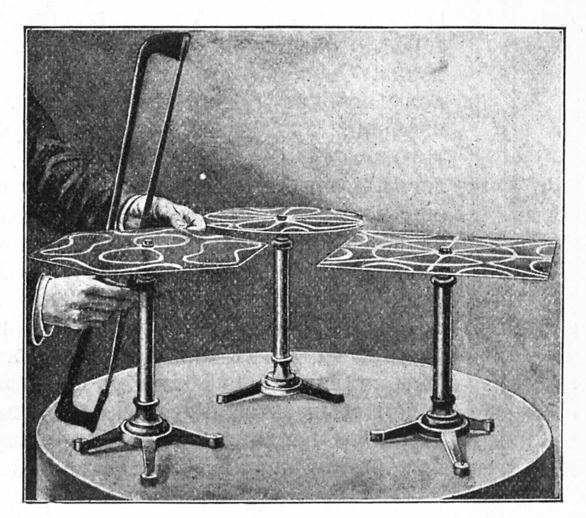
Такъ называемые резонансные ящики въ разныхъ музыкальныхъ инструментахъ обладаютъ свойствомъ отвѣчать на колебанія всѣхъ звуковъ. Вотъ почему своей сравнительно значительной поверхностью они усиливаютъ всѣ звуки; въ свою очередь поверхность эта увлекаетъ за собой въ колебательное состояніе воздухъ.

Дѣйствіе резонанса дало возможность обнаружить и измѣрить тѣ мельчайшія колебанія, которыя въ нашемъ ухѣ не вызываютъ уже никакихъ звуковыхъ ощущеній. Зажмемъ металлическій стержень, который, придя въ колебательное состояніе, можетъ издавать очень высокіе звуки, въ неподвижныя стойки, позволяющія сообщать ему двойное и тройное, по сравненію съ начальнымъ, число колебаній, какъ это дѣлаютъ со скрипичной струной, нажимая на нее въ соотвѣтственныхъ мѣстахъ пальцемъ; мы можемъ получить тутъ такіе тона, что число колебаній ихъ будетъ лежать далеко за предѣлами области звуковъ, воспринимаемыхъ слухомъ (см. рисунокъ на стр. 132). При ударѣ мы слышимъ лишь короткій стукъ, а не звучаніе. Можно бы подумать, что стержень въ этомъ случаѣ дѣйствительно не колеблется. Во всякомъ случаѣ энергія этихъ колебаній была бы слишкомъ ничтожна и недостаточна для ихъ видимаго проявленія. Мы можемъ помочь себѣ слѣдующимъ образомъ: введемъ такой стержень въ стеклянную трубку и, вдвинувъ съ другого конца пробку, придадимъ, перемѣщая эту пробку впередъ или назадъ, соотвѣтственную длину столбу воздуха, заключающемуся въ трубкѣ. Благодаря тому, что теперь вмѣстѣ со стержнемъ колеблется и воздушный столбъ, механическія дѣйствія колебаній стержня значительно усиливаются, но, несмотря на это, звуковъ мы не слышимъ. Если же стѣнки трубки равномѣрно осыпать легкой пылью, напримѣръ, пробочной, то въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ дѣйствіе волнъ сказывается сильнѣе всего, то есть, по нашему обозначенію, въ пучностяхъ, пылинки слетятъ; въ покоѣ онѣ останутся лишь на узловыхъ точкахъ. Получаются тѣ своеобразныя фигуры, которыя, по имени придумавшаго этотъ опытъ физика, называются Кундтовыми пылевыми фигурами (см. рисунокъ на стр. 132). Измѣривъ разстояніе между узловыми точками, мы получимъ длину волны и скорость ея распространенія.



Хладніевы фигуры. См. текстъ, стр. 133.

Въ связи съ этимъ слѣдуетъ упомянуть о такъ называемыхъ Хладніевыхъ фигурахъ, которыя получаются въ силу тѣхъ же причинъ, что и Кундтовы, на пескѣ, насыпанномъ на металлическихъ пластинкахъ. На поверхностяхъ, вмѣсто узловыхъ точекъ, получающихся на такихъ тѣлахъ, которыя, какъ, напримѣръ, струны, можно разсматривать, какъ тѣла двухъ измѣреній, мы имѣемъ уже узловыя линіи; эти линіи по виду тѣмъ сложнѣе, чѣмъ больше примѣшивается къ основному тону пластинки ея обертоновъ. Если мы взглянемъ на эти



Хладнiевы фигуры. См. текстъ, стр. 133.

изящныя фигуры съ ихъ развѣтвленіями и симметріей (см. рисунокъ на стр. 133) и подумаемъ о томъ, что, одновременно съ полученіемъ ихъ на звучащей пластинкѣ, частицы воздуха вокругъ насъ сгруппировывались въ точно такія же, но только тѣлесныя, а, стало быть, болѣе сложныя формы, мы сможемъ составить все таки лишь слабое представленіе о необычайной сложности міра молекулъ и атомовъ съ ихъ правильными группировками и движеніями, которыя непосредственно нашимъ чувствамъ даже недоступны.

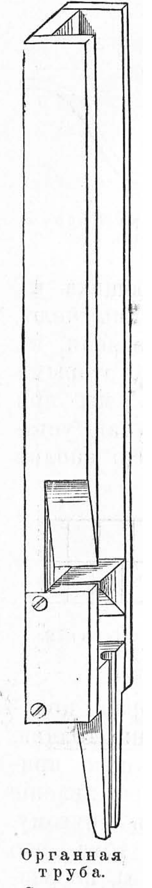
При полученіи Кундтовыхъ фигуръ мы пользовались стеклянной трубой. Если мимо открытаго конца такой трубы равномѣрно проносится токъ воздуха, какой, напримѣръ, выталкивается изъ нашего рта при игрѣ на флейтѣ, то получается тонъ, высота котораго зависитъ отъ длины трубы, а длину эту, перемѣщая пробку, мы можетъ измѣнить. Но полученіе звука въ этомъ случаѣ требуетъ еще объясненія, такъ какъ равномѣрно перемѣщающійся воздухъ самъ въ себѣ звуковыхъ волнъ не содержитъ. Онѣ образуются лишь тогда, когда часть протекающаго воздуха, проникнувъ въ трубку, произведетъ здѣсь сгущеніе, которое, отразившись отъ закрытаго конца трубы, выйдетъ у открытаго ея конца. Сгущеніе это сообщаетъ толчекъ протекающему мимо воздушному потоку; толчки эти повторяются чрезъ опредѣленные промежутки времени, продолжительность которыхъ зависитъ, конечно, отъ длины трубы и такимъ образомъ звукъ долженъ получиться. Высоту тона легко вычислить. Постараемся представить себѣ описанный процессъ еще точнѣе. Первое сгущеніе воздуха, дважды пройдя вдоль трубы, длину которой мы назовемъ l, впередъ и назадъ, отталкиваетъ равномѣрно проходящій мимо потокъ воздуха; у отверстія ея образуется въ силу этого въ воздухѣ разрѣженіе, которое, въ свою очередь, дважды проходитъ вдоль по трубѣ. Но полную звуковую волну, пучность и впадину, даютъ лишь сгущеніе и разрѣженіе, взятыя вмѣстѣ, стало быть, такая длина волны въ случаѣ такой, какъ говорятъ, закрытой трубы выразится $4l$; она пробѣгаетъ вдоль по трубѣ со скоростью звука v. Отсюда число колебаній, характеризующее ее, выразится такъ: $n = \frac{v}{4l}$; или, въ виду того, что $v = 333$ м., $n = \frac{83.25}{l}$ м. Если труба должна соотвѣтствовать парижскому камертону, съ 435 колебаніями въ секунду, то длина ея будетъ равняться $\frac{83.25}{435} = 0.192$ м. Органная труба, воспроизводящая лежащее на четыре октавы ниже субконтра = A, будетъ въ 16 разъ длиннѣе; она будетъ равна, стало быть, 3,07 м.

Органная труба. См. текстъ, стр. 134.

Но наша труба издаетъ звуки и въ томъ случаѣ, когда она не закрыта. Въ открытой трубѣ сгущеніе выходитъ уже внизу, тутъ получаются тѣ же смѣны сгущеній и разрѣженій, какія въ закрытой трубѣ бываютъ лишь вверху. Отсюда мы видимъ, что волны въ открытой трубѣ въ два раза меньше, чѣмъ въ закрытой, и, стало быть, открытая по отношенію къ закрытой является ея октавой. Для опредѣленія ея числа колебаній мы пользуемся формулой: $n = \frac{v}{2l}$ или $\frac{166.5}{l}$. Открытая труба для воспроизведенія того же звука, какой производится закрытой, должна быть въ два раза длиннѣе закрытой. Оба рода трубъ отличаются другъ отъ друга сочетаніями своихъ обертоновъ; онѣ имѣютъ каждая свой тембръ и въ зависимости отъ этого соотвѣтственнымъ образомъ употребляются въ музыкѣ.

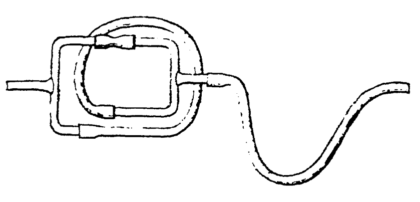
Дальнѣйшія подробности устройства употребляющихся теперь трубъ, насъ интересовать не могутъ. Въ основѣ устройства ихъ лежитъ все то же требованіе возбуждать колебанія воздуха сведеніемъ въ одно мѣсто его потоковъ. У насъ помѣщенъ рисунокъ трубы органной (см. рис. выше).

При болѣе внимательномъ разсмотрѣніи оказывается, что колебанія, получающіяся въ трубахъ, носятъ характеръ, совершенно отличный отъ колебаній струнъ. Струны колеблются подъ прямымъ угломъ къ длинѣ ихъ, онѣ совершаютъ колебанія поперечныя, и система получающихся воздушныхъ волнъ распро-



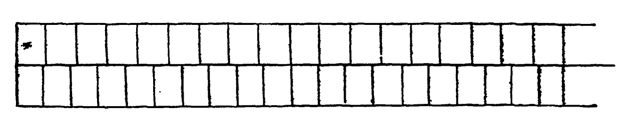
Органная труба.
См. текстъ, стр. 134.

страняется параллельно длинѣ струнъ. Въ трубахъ же волны перемѣщаются взадъ и впередъ по направленію длины трубы, совершаютъ колебанія продольныя. Мы можемъ вызвать такія продольныя колебанія и въ струнахъ, натирая ихъ соотвѣтственнымъ образомъ въ направленіи ихъ длины. Тогда въ металлѣ струны образуются сгущенія, распространяющіяся вдоль по струнѣ со скоростью, соотвѣтствующей упругости металла. При этомъ получается пронзительный звукъ, не имѣющій ничего общаго со звукомъ, производимымъ поперечными колебаніями струны. Такимъ образомъ колебанія, вызывающія звуки, распространяются, какъ этого слѣдовало ожидать, не только въ воздушной средѣ, но вообще въ каждомъ упругомъ тѣлѣ. Къ этому вопросу мы потомъ еще возвратимся.

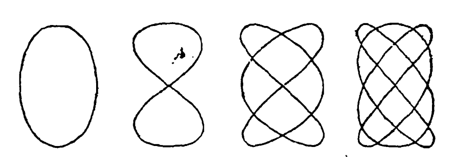


Интерференціонный приборъ Перремберга. См. текстъ, стр. 135.

Явленіе звуковыхъ колебаній представляетъ для насъ особый интересъ также потому, что колебанія эти, какъ самыя медленныя въ ряду существующихъ въ природѣ колебаній, въ ряду, повидимому, безконечномъ, наиболѣе доступны человѣческимъ познавательнымъ силамъ. Здѣсь мы можемъ подыскать параллели, въ большой мѣрѣ облегчающія намъ пониманіе колебаній высшаго порядка, которыми мы должны будемъ заниматься впослѣдствіи. Такъ именно поступимъ мы при изученіи явленій такъ называемой интерференціи. Мы имѣли случай установить понятіе интерференціи, говоря о водяныхъ волнахъ (стр. 89). Это вполнѣ естественно, что двѣ совершенно одинаковыхъ волны, встрѣчаясь другъ съ другомъ въ точкахъ, отличающихся ровно на полъ волны, должны другъ друга совершенно уничтожить. Матеріальная частица, которую одна волна подымаетъ вверхъ, а другая,—съ совершенно такой же силой, тянетъ внизъ, которая получаетъ, стало быть, равные, но имѣющіе прямо противоположное направленіе, толчки, должна, конечно, оставаться въ покоѣ. Если при помощи соотвѣтственнаго прибора воспроизвести интерференцію волнъ звуковыхъ, то это своеобразное явленіе должно выразиться здѣсь въ томъ, что одинъ звукъ, присоединяясь къ другому, не усилитъ его, а уничтожитъ. Опытъ Нерремберга состоитъ въ томъ, что одинъ и тотъ же звукъ направляютъ, какъ видно изъ рисунка (стр. 135), по развѣтвляющейся трубкѣ по двумъ путямъ, одинъ изъ которыхъ короче другого на полъ волны, соотвѣтствующей этому звуку. Такимъ образомъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ оба пути сходятся, вогнутая часть одной волны покрываетъ выпуклую часть другой. И дѣйствительно, у общаго ихъ выхода мы вовсе не слышимъ звука, но онъ тотчасъ же получится, если зажать ту или другую вѣтвь трубки. Итакъ мы обнаружили существованіе одного изъ весьма важныхъ свойствъ волнообразнаго движенія и въ области звука.



Біенія въ тонахъ неодинаковаго числа колебаній. См. текстъ, стр. 135.



Фигуры Лиссажу. См. текстъ, стр. 136.

Разсмотримъ теперь родственное интерференціи явленіе, явленіе біеній. Если два тона, не совершенно одинаковые, но очень мало отличающіеся другъ отъ друга, звучатъ вмѣстѣ, то мы замѣчаемъ, что сила ихъ чрезъ извѣстные промежутки времени то возрастаетъ, то убываетъ; въ этомъ сложномъ звукѣ, который, благодаря тому, что оба источника звуковъ отличаются другъ отъ друга лишь незначительно, не имѣетъ непріятнаго характера, появляются біенія, или удары.

Возникаютъ они оттого, что въ нѣкоторыхъ мѣстахъ хребты одной волны встрѣчаютъ хребты другой, и происходитъ усиленіе звука, въ промежуткѣ же между двумя такими усиленіями хребетъ одной волны совпадаетъ съ углубленіемъ въ другой и, въ силу интерференціи, дѣйствіе ихъ уничтожается. Измѣреніемъ изображеній двухъ такихъ волнъ на діаграммѣ, какъ у насъ (см. діагр. на стр. 135), или же путемъ простого математическаго разсчета можно показать, что разстояніе между двумя точками, гдѣ происходятъ совмѣщенія хребтовъ обѣихъ волнъ, равно частному, получающемуся отъ раздѣленія скорости звука (333 м.) на разность между длинами обѣихъ волнъ, и, стало быть, число такихъ біеній въ секунду представляется числомъ, выражающимъ эту разность. Такъ что два **камм**ертона, —

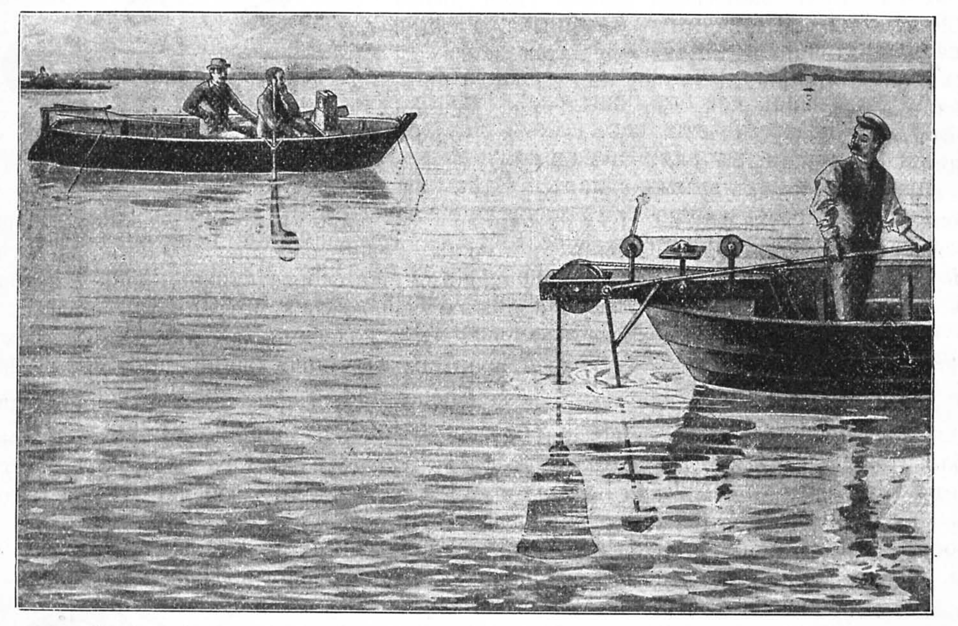


Измѣреніе скорости распространенія звука въ водѣ. См. текстъ, стр. 138.

одинъ издающій звукъ нѣмецкаго каммертона (440 колебаній), другой — парижскаго (435 колебаній), — звуча вмѣстѣ, должны вызвать пять біеній въ секунду.

При помощи остроумнаго приспособленія можно сдѣлать такъ, что каммертоны будутъ сами производить изображенія своихъ колебаній. Съ этой цѣлью къ верхнему краю каммертона прикрѣпляютъ зеркальце, отъ котораго отбрасывается изображеніе свѣтящейся точки, и отраженный лучъ повторяетъ за каммертономъ всѣ его движенія. При этомъ точка растягивается въ прямую, и эта прямая будетъ тѣмъ длиннѣе, чѣмъ дальше та поверхность, на которую отбрасывается это свѣтовое изображеніе. Можно принять этотъ лучъ на свѣточувствительную фотографическую бумагу, и тогда свѣтящаяся прямая на ней запечатлѣется. Затѣмъ направляютъ лучъ на другое зеркало, прикрѣпленное ко второму каммертону. Колебанія обоихъ каммертоновъ комбинируются въ одну фигуру; простѣйшей изъ такихъ фигуръ будетъ кругъ. Эти фигуры, по имени изобрѣтателя прибора, ихъ воспроизводящаго, носятъ названіе фигуръ Лиссажу (см. стр. 135).

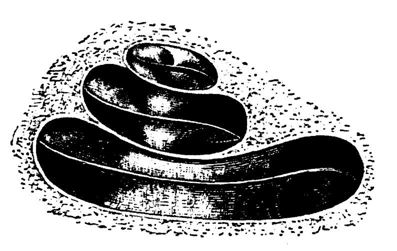
Лишь только два одновременно звучащихъ тона отличаются другъ отъ друга болѣе, чѣмъ на двѣнадцать колебаній, нашъ мозговой аппаратъ возникающихъ при этомъ біеній или толчковъ, какъ нѣчто раздѣльное, уже не распознаетъ (см. стр. 124), они сливаются въ свою очередь въ особый тонъ, разностный тонъ. Такимъ образомъ подобно тому, какъ для каждаго тона существуютъ свои обертоны, для этой комбинаціи тоновъ получаются, такъ сказать, унтертоны.. Все бо-

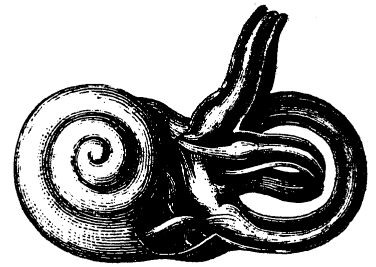


Измѣреніе скорости распространенія звука въ водѣ. См. текстъ, стр. 138.

гаче и богаче становится картина тѣхъ многосложныхъ колебаній, которыми мы восхищаемся въ музыкѣ.

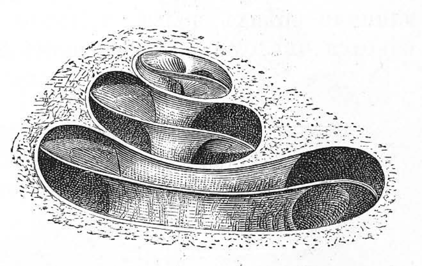
Для дальнѣйшихъ нашихъ соображеній представляетъ цѣну еще одно звуковое явленіе, которое приходилось наблюдать каждому. Если на одномъ изъ двухъ встрѣчныхъ поѣздовъ подаютъ свистокъ, то звукъ свистка, какъ замѣтятъ тѣ, кто сидитъ въ другомъ поѣздѣ, понизится въ тотъ моментъ, когда локомотивъ будетъ проноситься мимо наблюдателя. Ни до того, ни послѣ того никакихъ измѣненій въ звукѣ подмѣтить нельзя. Если мы опредѣлимъ оба эти тона, то окажется что оба они отличаются отъ звука, издаваемаго свисткомъ, когда локомотивъ стоитъ на мѣстѣ, и что этотъ звукъ занимаетъ между тѣми двумя среднее мѣсто. Мы видимъ, стало быть, что при движеніи источника звука, мѣняется и самый звукъ; онъ становится выше при приближеніи источника къ намъ, и ниже — при удаленіи его отъ насъ. Изъ нашихъ воззрѣній на происхожденіе звука вытекаетъ и необходимость только что описаннаго явленія. Молекуламъ воздуха, переносящимъ звукъ отъ его источника къ нашему уху, сообщается въ зависимости отъ этого движенія источника еще особый толчекъ, и такимъ образомъ къ скорости звука прибавляется еще скорость перемѣщенія источника его. Если источникъ звука движется со скоростью s метровъ въ секунду и если изъ этого источника исходитъ въ секунду n колебаній, то путемъ простыхъ соображеній мы приходимъ къ заключенію, что изъ движущагося источника въ наше ухо попадаетъ за это время $\frac{333\,n}{333-s}$ колебаній. Если источникъ отъ насъ удаляется, то въ формулу надо подставить + s. Скорость нашихъ поѣздовъ равна приблизительно 30 м. въ секунду; свистокъ поѣзда, проходящаго мимо насъ, пусть издаетъ тонъ d_3, которому соотвѣтствуетъ 1161 колебаній. Если поѣздъ, на которомъ мы находимся, движется равномѣрно, то разность скоростей при проходѣ поѣздовъ другъ мимо друга равна 30 + 30 m. Такимъ образомъ при приближеніи встрѣчнаго поѣзда звуку свистка соотвѣтствуетъ 333 × 1161 : (333—60) или 1416; онъ повышается приблизительно на большую терцію. При удаленіи — онъ настолько же понижается; онъ, стало быть, падаетъ съ fis_3 до ближайшаго внизъ ais, то есть двумя тонами меньше октавы.


Ушная улитка. См. текстъ, стр. 139.

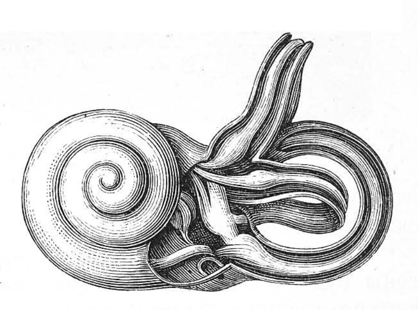

Ушной лабиринтъ. См. текстъ, стр. 139.

Опытъ, пріобрѣтенный нами въ этомъ направленіи, позволяетъ намъ опредѣлять скорость желѣзнодорожныхъ поѣздовъ въ метрахъ въ секунду, исключительно при помощи средствъ, предоставляемыхъ намъ музыкальнымъ слухомъ. Предположимъ, что звукъ свистка, понижаясь, перешелъ изъ a_3 въ e_3. Числа колебаній, соотвѣтствующія этимъ тонамъ a_3 и e_3, доносящимся отъ источника звука до нашего уха, соотвѣтственно равны 1740 и 1304. Среднее изъ этихъ двухъ чиселъ равно 1522, — это и будетъ число колебаній, соотвѣтствующихъ звуку свистка, когда локомотивъ стоитъ. Назовемъ это число n, а число, соотвѣтствующее тону болѣе высокому n_1. Отсюда, изъ приведенной нами выше формулы, слѣдуетъ, что относительная скорость обоихъ поѣздовъ $s = \frac{333\,(n_1 - n)}{n_1}$ метрамъ. Въ нашемъ примѣрѣ $s = 333 \times 218 : 1740$ или 41.7 м.

Вотъ еще одинъ интересный примѣръ. Предположимъ, что нормальную высоту паровознаго свистка мы знаемъ. Мы не сходимъ съ своего наблюдательнаго пункта; поѣздъ находится еще вдали, такъ что увидать его пока нельзя. Но на основаніи опредѣленій высоты звука свистка, подобныхъ описан-



Ушная улитка. См. текстъ, стр. 139.



Ушной лабиринтъ. См. текстъ, стр. 139.

нымъ выше, можно рѣшить, приближается ли поѣздъ или удаляется и какова его скорость въ этотъ моментъ въ метрахъ въ секунду. Разстояніе поѣзда отъ насъ тутъ значенія не имѣетъ, важно лишь, чтобы мы были въ состояніи различать высоту звука.

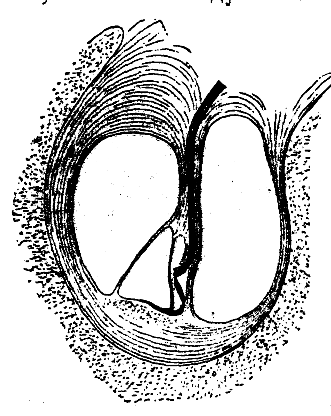
При той точности, какую допускаетъ измѣреніе высоты звука при помощи соотвѣтственныхъ инструментовъ, напримѣръ, по методу наблюденія біеній, можно опредѣлять эти скорости съ ошибкой лишь въ нѣсколько сантиметровъ въ секунду.



Увеличенный поперечный разрѣзъ ушной улитки и слухового нерва. См. текстъ, стр. 139.

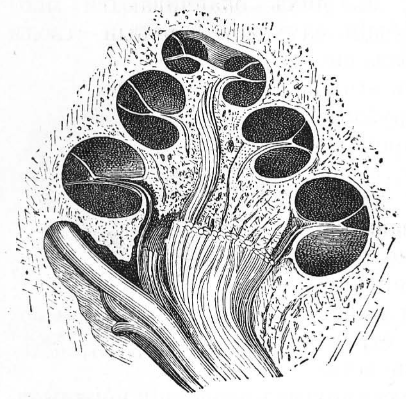
Совершенно такими же явленіями сопровождаются въ природѣ и всѣ остальныя колебательныя состоянія. Впослѣдствіи мы увидимъ, какое важное примѣненіе дѣлаютъ изъ нихъ при изученіи явленій свѣта. Пользуясь этимъ принципомъ Допплера, мы можемъ судить о движеніяхъ свѣтилъ, удаленныхъ отъ насъ на неизмѣримо большія разстоянія и несущихся по прямой линіи на насъ или отъ насъ въ пространство.

Такъ какъ насъ повсюду окружаетъ воздухъ, то понятно, что звуковыя явленія мы изучаемъ по преимуществу въ воздухѣ. Но ясно, что всѣ эти наблюдаемыя нами въ воздухѣ явленія, должны повториться и въ любой другой упругой средѣ, потому что въ такого рода средѣ колебанія распространяться должны. Насъ не удивляетъ, что мы перестаемъ слышать звонъ колокола, помѣщеннаго въ стекляный пріемникъ воздушнаго насоса, когда выкачанъ окружавшій его воздухъ, насъ не удивитъ и то, что въ водѣ звукъ колокола распространяется точно такъ же, какъ въ воздухѣ. Разумѣется, скорость распространенія звука измѣнится въ зависимости отъ разницы въ упругостяхъ этихъ средъ. Скорость распространенія звука въ водѣ, согласно теоріи, равна 1410 м. въ секунду, стало быть, болѣе чѣмъ въ четыре раза больше скорости въ воздухѣ (см. рисунокъ на стр. 136). По опытамъ, произведеннымъ на Женевскомъ озерѣ (они состояли въ томъ, что ударяли по погруженному въ воду колоколу, и звукъ, исходившій изъ него, принимали въ слуховую трубу, помѣщенную въ водѣ на соотвѣтственномъ разстояніи), — величина этой скорости равна 1435 м. Можно считать, что эти два числа совпадаютъ въ предѣлахъ возможныхъ неточностей отправныхъ точекъ вычисленій и ошибокъ наблюденія. Для твердыхъ тѣлъ, эта скорость, въ силу ихъ упругости, будетъ еще гораздо больше. Для желѣза среднихъ плотностей она равна 4030 м. — наблюденіе подтвердило вѣрность этого числа. Значительная высота звуковъ, издаваемыхъ стержнями и струнами, приведенными въ состояніе продольныхъ колебаній, указываетъ на сравнительно очень большую скорость распространенія въ нихъ звуковыхъ волнъ; отсюда можно также опредѣлить и величину этой скорости.

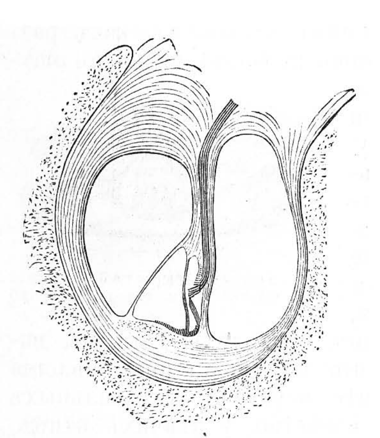


Увеличенное сѣченіе завитка ушн. раковины. См. текстъ, стр. 139.

Теперь, когда мы уже знаемъ главныя свойства звуковыхъ колебаній, мы можемъ безъ особаго труда объяснить себѣ и процессъ воспріятія этихъ колебаній органомъ слуха. Звуковыя волны черезъ наружный слуховой проходъ, который, какъ слуховая трубка, сгущаетъ и, стало быть, усиливаетъ ихъ, падаютъ на барабанную перепонку. Какъ бы ни была сложна форма того крайняго слоя воздуха, который соприкасается съ барабанной перепонкой, какъ бы ни были сложны тѣ волнообразныя движенія, которыя этотъ слой выполняетъ, барабанная перепонка



Увеличенный поперечный разрѣзъ ушной улитки и слухового нерва. См. текстъ, стр. 139.



Увеличенное сѣченіе завитка ушн. раковины. См. текстъ, стр. 139.

все это воспроизведетъ. Она, какъ резонансный ящикъ музыкальнаго инструмента, можетъ передавать и распространять всѣ роды колебаній. Молоточекъ со стременемъ, прикрѣпленный къ серединѣ барабанной перепонки, дѣйствуетъ какъ необычайно чувствительный рычажекъ; онъ передаетъ уже усиленныя колебанія водянистой жидкости, находящейся въ лабиринтѣ, во внутреннемъ ухѣ; этотъ лабиринтъ соединяется съ такъ называемой улиткой; въ нихъ оканчиваются многочисленныя нервныя волокна, сливающіяся въ общій слуховой нервный стволъ (см. рисунки на стр. 137 и 138). Внѣшнее раздраженіе, какъ мы уже говорили въ введеніи (стр. 25), черезъ этотъ стволъ передается клѣткамъ оболочки мозга. Наружные концы слуховыхъ нервовъ лабиринта и улитки представляютъ свойства стекловидныхъ, хрупкихъ тѣлъ, а потому обладаютъ исключительной упругостью. По длинѣ они очень неодинаковы; въ улиткѣ, имѣющей три завитка, они расположены рядомъ, другъ возлѣ друга, по убывающимъ длинамъ, на манеръ струнъ въ фортепьяно. Удивительное приспособленіе это, какъ мы сказали выше, называется Кортіевымъ органомъ. Опыты съ струнными инструментами, произведенные нами выше, не оставляютъ никакого сомнѣнія въ томъ, что каждое изъ этихъ упругихъ окончаній нервныхъ волоконъ приходитъ въ колебательное состояніе въ силу резонанса, подъ вліяніемъ лишь одного какого-нибудь тона совершенно опредѣленнаго числа колебаній: все равно какъ въ фортепьяно, изъ многихъ струнъ отвѣчаетъ на колебанія носящихся вокругъ нихъ звуковъ лишь та, число колебаній которой равно числу колебаній этого звука. Вотъ эти то имѣющія различную длину нервныя волокна и разлагаютъ звуковую ткань многосложныхъ колебаній, сообщенныхъ жидкости лабиринта, на раздраженія отдѣльныхъ нервовъ. Этого движенія, возникающаго по резонансу, вполнѣ достаточно, чтобы вызвать раздраженіе нерва, которое, независимо отъ своего характера, будетъ воспринято нашимъ сознаніемъ, какъ раздраженіе, переданное черезъ слуховые нервы, всегда лишь въ формѣ звукового ощущенія. Группировка клѣтокъ мозговой оболочки, возбужденныхъ заразъ или возбуждаемыхъ въ извѣстной послѣдовательности, и даетъ намъ звуковую картину.

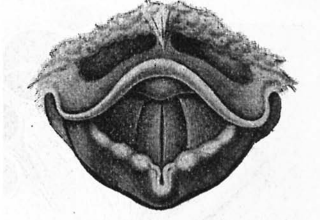


Гортань съ голосовой щелью, закрытой голосовыми связками. См. текстъ, стр. 140.

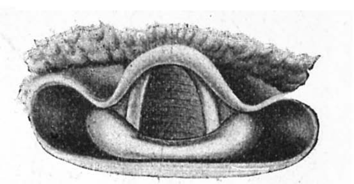
Въ силу сходства Кортіева органа съ музыкальнымъ инструментомъ, само собой напрашивается предположеніе, что Кортіевъ органъ предназначенъ исключительно для передачи музыкальныхъ звуковъ, а не простого шума, то есть, что онъ то и есть настоящій органъ музыкальнаго слуха. Нѣтъ никакого сомнѣнія, что это именно такъ, потому что къ этому выводу насъ приводитъ, какъ мы видѣли, физическое изслѣдованіе: оно устанавливаетъ, что эти характерныя явленія въ Кортіевомъ органѣ происходятъ. Тѣмъ не менѣе, передача музыкальныхъ воспріятій производится не исключително имъ; какъ извѣстно, у пѣвчихъ птицъ, обладающихъ превосходнымъ музыкальнымъ слухомъ, Кортіева органа нѣтъ; онъ появляется лишь у сравнительно высоко стоящихъ видовъ животныхъ. Собранные въ лабиринтѣ, заключенные въ такъ называемыхъ ампуллахъ концевые нервы могутъ также передавать звуковыя воспріятія; отсюда можно предположить, что этотъ тончайшій музыкальный инструментъ нашего уха служитъ лишь для приданія особой тонкости нашимъ звуковымъ воспріятіямъ, что онъ дарованъ природой человѣку лишь для того, чтобы еще дальше усовершенствовать тѣ наслажденія, которыя даетъ слухъ. Кортіевъ органъ является необходимымъ членомъ человѣческаго организма лишь постольку, поскольку мы выдвигаемъ вопросъ о необходимости благороднаго наслажденія чувствомъ, поскольку мы смотримъ на него, какъ на своего рода психическій противовѣсъ (см. стр. 123). Вообще говоря, весь этотъ міръ звуковъ не играетъ выдающейся роли въ великомъ механизмѣ природы; тутъ эти наиболѣе медленныя изъ всѣхъ видовъ колебательныхъ дви-



Гортань съ открытой голосовой щелью. См. текстъ, стр. 140



Гортань съ голосовой щелью, закрытой голосовыми связками. См. текстъ, стр. 140.

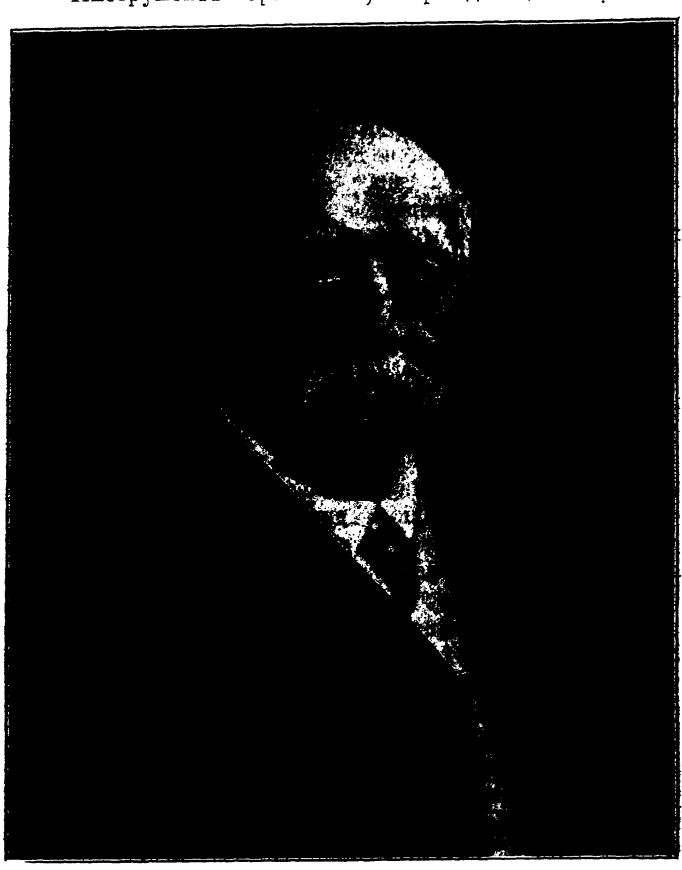


Гортань съ открытой голосовой щелью. См. текстъ, стр. 140

женій ограничиваются въ сущности узкой областью, — нашей воздушной оболочкой и по большей части лишь въ этихъ предѣлахъ составляютъ предметъ нашего изслѣдованія.

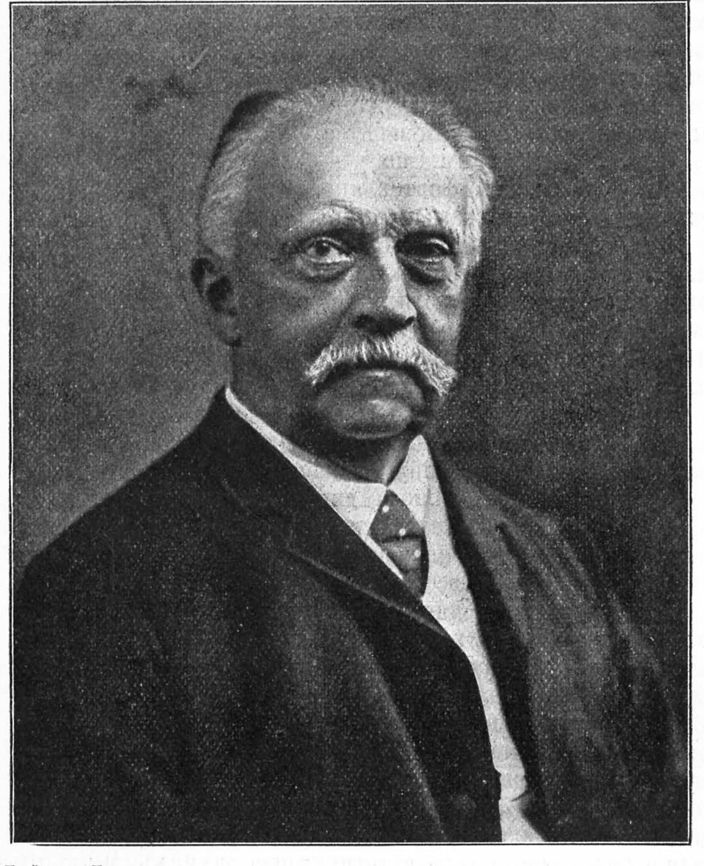
Мы не можемъ закончить этой главы, не разсмотрѣвъ предварительно физическихъ дѣйствій другого органа, который не передаетъ, какъ ухо, звуковыхъ колебаній сознанію, но самъ вызываетъ ихъ. Этотъ органъ — гортань съ относящимися къ ней голосовыми органами.

Инструментъ организма, порождающій звуковыя колебанія, голосъ, поскольку рѣчь идетъ о его физическихъ дѣйствіяхъ, напоминаетъ собой главными своими частями органную трубу. Въ такой трубѣ (см. рисунокъ на стр. 134) звуковыя волны получаются благодаря дрожанію язычка, который при вдуваніи колеблется вмѣстѣ съ равномѣрно движущимся потокомъ воздуха со скоростью, обусловленной его длиной и упругостью. Въ гортани эта задача выпадаетъ на долю голосовыхъ связокъ (см. рисунки на стр. 139). Потокъ воздуха, выталкиваемаго легкими, проходитъ между голосовыми связками и приводитъ ихъ въ колебательное состояніе, которымъ обусловливается звучаніе. Но язычекъ органной трубы неизмѣненъ и потому можетъ издавать лишь одинъ опредѣленный тонъ, тогда какъ голосовыя связки, при помощи особенныхъ приспособленій организма, на подробномъ описаніи которыхъ мы останавливаться не имѣемъ возможности, могутъ растягиваться разно: онѣ могутъ дѣлаться длиннѣе и короче, голосовая щель, — промежутокъ между ними, — можетъ расширяться и суживаться: благодаря этому мы можемъ при нѣкоторомъ навыкѣ воспроизвести на нашемъ голосовомъ инструментѣ на протяженіи, нѣсколько большемъ двухъ октавъ, съ большой точностью до 150 различныхъ звуковъ. Такимъ образомъ вотъ сколькимъ отдѣльнымъ инструментамъ соотвѣтствуетъ эта органная труба нашего организма. Въ этомъ смыслѣ гортань можно сравнить со скрипкой, на которой имѣется лишь одна струна, но на этой одной струнѣ артистъ можетъ сыграть превосходное музыкальное произведеніе.



Г. фонъ-Гельмгольцъ. Изъ „19-го столѣтія въ картинахъ", Веркмейстера.

Человѣческій голосъ состоитъ не изъ однихъ только чистыхъ тоновъ, ему присущъ также тембръ, характеръ котораго далеко неодинаковъ. Тембръ обусловливается резонансомъ различныхъ полостей, стоящихъ въ связи съ гортанью. Грудная клѣтка съ ея костнымъ остовомъ представляетъ изъ себя весьма и весьма дѣйствительный резонаторъ, дающій начало грудному голосу. При говорѣ



Г. фонъ-Гельмгольцъ. Изъ „19-го столѣтія въ картинахъ“, Веркмейстера.

фистулой участвуютъ въ колебаніи полости рта и носа. Эти двѣ полости и грудная полость, собственно говоря, формы своей не мѣняютъ и потому обусловливаютъ лишь опредѣленный тембръ; напротивъ того, ротъ и его органы могутъ принимать самыя разнообразныя формы и благодаря этому къ основному тону, производимому гортанью, примѣшиваются различные обертоны. Такъ получаются гласныя. Хотя мы можемъ пропѣть любую изъ имѣющихся у насъ въ распоряженіи голосовыхъ нотъ на каждую изъ пяти гласныхъ, тѣмъ не менѣе тембръ звука отчетливо повышается, если переходить отъ буквы къ буквѣ въ ряду U O A E J. Изъ фонографическихъ записей, произведенныхъ Г. Германомъ и Ф. Ауэрбахомъ, можно заключить, что обертоны U (у) лежатъ исключительно въ предѣлахъ первой и второй октавъ основного тона, обертоны O и A, вообще говоря, — въ предѣлахъ только второй, обертоны E во второй и третьей, и обертоны J въ предѣлахъ только четвертой октавы. Итакъ, полость рта, принимая ту или другую форму, необходимую для произношенія соотвѣтственной гласной, пріобрѣтаетъ тѣмъ самымъ свойства всѣхъ тѣхъ резонаторовъ, изъ которыхъ каждый приходитъ въ колебательное состояніе подъ вліяніемъ лишь какого-нибудь одного звука и изъ всей совокупности сопровождающихъ основной тонъ обертоновъ усиливаетъ только этотъ одинъ обертонъ. Рядъ кривыхъ, изображенныхъ у насъ, представляетъ собой фонографическія записи гласныхъ, пропѣтыхъ на ноту одной и той же высоты. Наиболѣе простой характеръ имѣетъ волнообразная кривая, соотвѣтствующая гласной U. Въ этой кривой на восходящихъ ея частяхъ отчетливо выдѣляется перегибъ по серединѣ, запечатлѣвающій собой обертонъ въ первой октавѣ, то есть на половинѣ длины волны. На нисходящихъ частяхъ кривой мы видимъ колѣно: оно соотвѣтствуетъ по положенію четверти полуволны, а, стало быть, обертону во второй октавѣ. Даже бѣглаго взгляда на эти кривыя достаточно, чтобы увидать, насколько онѣ другъ отъ друга отличаются; въ силу то этого отличія кривыхъ, ихъ можно было бы употреблять въ качествѣ знаковъ для письма вмѣсто соотвѣтственныхъ буквъ. Совершенно серьезно предлагали приводить въ движеніе, при помощи этихъ волнъ, записывающихся автоматически при звукахъ рѣчи, пишущую машину, въ которой опредѣленнаго характера волна дѣйствовала бы лишь на вполнѣ опредѣленную букву. Такимъ образомъ рѣчь получалась бы отпечатанной обыкновенными буквами. Теоретически такой аппаратъ вполнѣ мыслимъ, но тѣ тонкія различія въ волнахъ, соотвѣтствующихъ шумамъ, изъ которыхъ слагаются согласныя, требуютъ столь совершенной по чувствительности конструкціи, которая современной техникѣ еще не подъ силу.

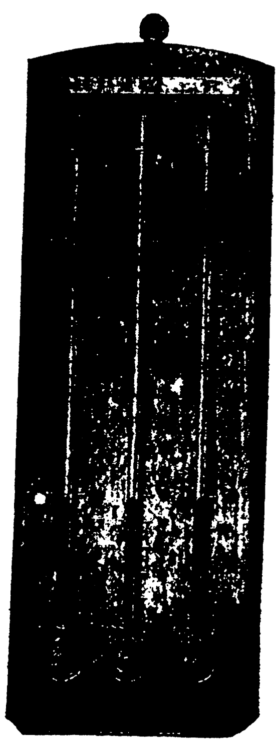
U O A E J

Фонографическія записи пяти гласныхъ, пропѣтыхъ на ноту одной и той же высоты. См. текстъ выше.

7. Теплота.

Въ то время, какъ явленія звука играютъ въ механизмѣ величественной природы роль сравнительно второстепенную, теплота является для насъ проявленіемъ наиболѣе существенной изъ всѣхъ силъ природы; теплоту мы встрѣчаемъ въ мірозданіи повсюду,—въ союзѣ съ силой тяготѣнія она творила міръ и по сей день принимаетъ самое непосредственное участіе въ ходѣ дальнѣйшаго развитія міра, въ развитіи самыхъ сокровенныхъ его особенностей. Изъ центральнаго тѣла нашего сравнительно тѣснаго міра, изъ солнца, несется могучій токъ теплоты, и 2735 милліонной части излучающагося изъ него тепла, падающей на нашу небольшую землю, достаточно, чтобы поддерживать на ней въ постоянномъ движеніи могучую машину нашей атмосферы, и это движеніе заставляетъ то по-

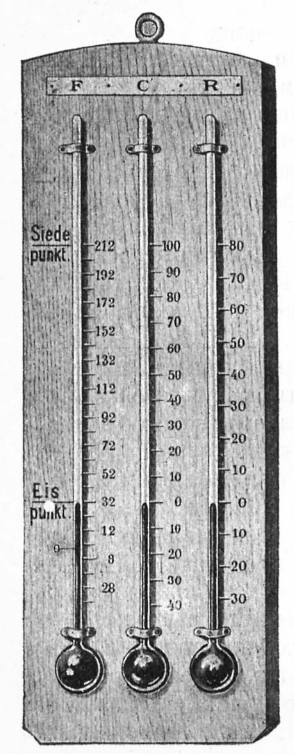
дыматься вверхъ, въ облака, то опускаться внизъ, на землю, цѣлыя моря. Но наше солнце въ системѣ млечнаго пути представляется лишь незначительной свѣтящейся точкой; сила его лучеиспусканія, представляющаяся намъ невообразимо большой, теряется по сравненію съ той работой, которую производитъ эта куча солнцъ, сливающихся, какъ это кажется нашимъ слабымъ глазамъ, въ одинъ свѣтлый мостъ на небосклонѣ. Нѣтъ сомнѣнія, что многія изъ этихъ солнцъ имѣютъ движущихся вокругъ нихъ спутниковъ, похожихъ на нашу землю. И всюду тамъ теплота пробуждаетъ и поддерживаетъ многообразную жизнь: для этого вполнѣ достаточно, чтобы сила ея распредѣлялась между мельчайшими частями матеріи такъ, чтобы изъ нераспадающихся соединеній этихъ частицъ могла возникнуть замысловатая ткань органическихъ твореній. Теплота—вседержительница жизни. Если, съ одной стороны, извѣстной степенью силы ея дѣйствія опредѣляется тотъ моментъ, начиная съ котораго жизнь становится вообще возможной, то, съ другой стороны, она указываетъ границу, за которой жизнь снова неминуемо превращается въ смерть. Самаго незначительнаго измѣненія въ распредѣленіи притока тепла къ земной поверхности было бы вполнѣ достаточно, чтобы породить нужду и отчаяніе въ цѣлыхъ народахъ.



Три системы термометровъ: термометръ Фаренгейта, термометръ Цельзія и термометръ Реомюра. См. текстъ, стр. 145.

Вездѣсущіе теплоты въ ея различныхъ формахъ и разной силы проявленіяхъ ставитъ въ зависимость отъ нея дѣйствія почти всѣхъ остальныхъ силъ природы. Эти силы можно разсматривать, стало быть, лишь въ связи съ дѣйствіемъ на нихъ теплоты. И, если мы зададимся цѣлью найти и неизмѣнные законы явленій природы, отъ вѣка смѣняющихъ другъ друга, то прежде всего прійдется учесть вліяніе теплоты на ходъ этихъ явленій для того, чтобы имѣть возможность потомъ его выключить. Уже въ тѣ разсужденія, съ которыми мы имѣли дѣло раньше, намъ часто приходилось вводить, какъ необходимый факторъ, температуру, хотя тогда мы даже не могли опредѣлить, что собственно слѣдуетъ подразумѣвать подъ именемъ температуры. Такъ, напримѣръ, мы видѣли, что переходъ тѣла изъ одного аггрегатнаго состоянія въ другое зависитъ отъ температуры, что для скорости звука, вычисленной на основаніи теоретическихъ соображеній, мы получимъ число, совпадающее съ тѣмъ, какое даетъ прямое наблюденіе, лишь тогда, когда примемъ во вниманіе нѣкоторыя положенія теоріи тепла, и что скорость эта, вообще говоря, измѣняется въ зависимости отъ измѣненій температуры воздуха.

Такъ какъ дѣйствія неисчерпаемаго источника тепла сказываются во всѣхъ областяхъ силъ природы, и такъ какъ тепло обладаетъ протеевской способностью превращаться въ другія силы природы, то отвести ему въ общей картинѣ всѣхъ силъ природы надлежащее мѣсто представляется дѣломъ нелегкимъ. Чаще всего смотрятъ на теплоту какъ на послѣднюю въ ряду силъ природы въ виду того, что вполнѣ уразумѣть характеръ многосложныхъ, принимающихъ то ту, то другую форму, дѣйствій теплоты можно лишь тогда, когда извѣстны дѣйствія и остальныхъ силъ. Но ту же участь раздѣляютъ и всѣ остальныя попытки группировки явленій, ибо силы природы повсюду другъ съ другомъ переплетены. И когда мы обращаемся къ явленіямъ теплоты, мы только больше, чѣмъ въ какомъ-либо другомъ случаѣ, видимъ себя поставленными въ необходимость сказать себѣ, что разложеніе на отдѣльныя дѣйствія общей картины движущейся и непрерывно все далѣе и далѣе развивающейся природы есть нѣчто совершенно произвольное или, во всякомъ случаѣ, зависящее лишь отъ особенностей нашихъ органовъ чувствъ. Поэтому произвольнымъ будетъ у насъ и распредѣленіе нашего матеріала, и въ



Три системы термометровъ: термометръ Фаренгейта, термометръ Цельзія и термометръ Реомюра. См. текстъ, стр. 145.

нашемъ пониманіи тѣхъ отдѣловъ, которые мы разбираемъ раньше другихъ, всегда будутъ пробѣлы, зависящіе отъ того, что мы беремъ эти отдѣлы не въ связи съ другими разсмотрѣнными позже отдѣлами, съ которыми они составляютъ одно неразрывное цѣлое. Тѣмъ неизбѣжнѣе пробѣлы въ нашемъ изложеніи явленій теплоты: мы отводимъ теплотѣ чуть не первое по порядку мѣсто въ ряду силъ природы. Мы предпослали ей только тяготѣніе и звукъ, какъ независящія отъ другихъ явленія; къ тому же звукъ, въ виду большой наглядности своихъ процессовъ, казался намъ вступленіемъ желательнымъ.

a) Измѣреніе температуры.

Мы должны съ самаго же начала дать опредѣленіе теплоты, поскольку оно необходимо для указанія границъ области, подлежащей нашему изслѣдованію. Но это представляетъ уже трудность. Въ обиходной жизни мы знаемъ очень хорошо, что подразумѣвается подъ теплотой и противоположнымъ ей понятіемъ холода, благодаря тому, что теплота прямо дѣйствуетъ на наше осязаніе, которое говоритъ намъ, что данное тѣло теплѣе другого. Уже изъ приведенныхъ во введеніи соображеній, касающихся роли чувствъ въ познаніи природы, мы знаемъ, до чего ненадежны показанія осязанія, когда рѣчь идетъ о теплотѣ; даже въ предѣлахъ нормальныхъ температуръ, когда же намъ приходится имѣть дѣло съ случаями крайними, осязаніе совершенно отказывается служить, и мы не въ состояніи отличить очень холоднаго тѣла отъ очень горячаго.

Но что же такое собственно теплота? Вопросъ, поставленный нами, касается не природы ея. Вопросъ о природѣ теплоты возможно рѣшать, разумѣется, лишь тогда, когда будутъ изучены ея явленія, а теперь мы желаемъ только знать, какія явленія слѣдуетъ называть тепловыми и разсматривать, какъ таковыя. Чтобы отвѣтить себѣ что такое звукъ, намъ достаточно было однихъ впечатлѣній, получаемыхъ соотвѣтственнымъ чувствомъ; отсюда мы уже могли перейти къ его физической природѣ и физіологическимъ воздѣйствіямъ. Ухо представляетъ собой органъ чувства тонкости удивительной, и его чувствительностью сразу и опредѣлились границы области, доступной нашему изслѣдованію. Но чувство осязанія оказывается несостоятельнымъ, и для того, чтобы дать опредѣленіе теплоты, придется прибѣгнуть къ описанію. Мы относимъ къ области тепловыхъ явленій всѣ дѣйствія, наблюдаемыя нами въ тѣлахъ, поскольку они стоятъ въ зависимости отъ вліяній, дающихъ намъ, въ извѣстныхъ узкихъ границахъ, ощущенія тепла или холода.

Самымъ очевиднымъ изъ этихъ дѣйствій будетъ извѣстная намъ способность тѣлъ расширяться; это свойство даетъ намъ превосходное средство для перенесенія нашихъ пріемовъ изслѣдованія изъ области осязанія въ область зрѣнія; расширеніе тѣлъ подъ вліяніемъ теплоты даетъ намъ мѣру этой теплоты. Такъ, напримѣръ, мы видимъ, что ртуть въ термометрѣ, то есть въ измѣрителѣ теплоты, когда мы отдадимъ ему, прикоснувшись къ нему рукой, часть естественной теплоты нашего тѣла, подымается. Отсюда мы заключаемъ, что теплота нашего тѣла больше теплоты окружающаго его воздуха. Для того, чтобы имѣть возможность выполнить какъ въ этомъ случаѣ, такъ и въ дальнѣйшихъ изслѣдованіяхъ, измѣреніе, мы должны установить подходящую мѣру. Съ этой цѣлью прилаживаютъ къ термометрической трубкѣ, въ которой при нагрѣваніи подымается ртуть, шкалу, то есть рядъ дѣленій, отстоящихъ другъ отъ друга на одинаковыхъ разстояніяхъ; разстоянія между отдѣльными штрихами могутъ быть въ началѣ какъ угодно велики, одно изъ нихъ принимаютъ за начало. Если взята такая трубка, что сѣченіе ея по всей длинѣ ея одинаково, то изъ факта подъема ртутной колонны въ трубкѣ на одно и то же число дѣленій мы заключаемъ о равенствѣ дѣйствій, произведшихъ это расширеніе ртути и, стало быть, о равенствѣ тепловыхъ дѣйствій, какъ бы ни были различны тѣ процессы, отъ которыхъ эти дѣйствія исходятъ. Итакъ, мы смотримъ на теплоту, какъ на нѣчто такое, что можно къ тѣлу придать или отъ тѣла отнять, причемъ одинаковыя количества тепла производятъ и дѣйствія оди-

наковыя; все равно какъ мы говоримъ, что массы двухъ тѣлъ равны, когда равны дѣйствія, производимыя на нихъ тяготѣніемъ, хотя бы по внѣшнему виду эти два тѣла другъ отъ друга значительно отличались. Что касается общераспространеннаго обыкновенія измѣрять количества тепла градусами термометра, то мы должны теперь же уяснить себѣ, въ чемъ состоитъ тотъ логическій кругъ, въ который мы попадаемъ, пользуясь этимъ способомъ измѣренія. Говоря, что равныя количества тепла производятъ и равныя по силѣ измѣримыя дѣйствія, мы принимаемъ за доказанное то, что мы лишь собираемся доказывать. Если одинаковыя причины производятъ всегда и дѣйствія одинаковыя, то не представляется безусловно необходимымъ, чтобы эти дѣйствія развернулись предъ нами непремѣнно во всей своей полнотѣ. Объемы твердыхъ и жидкихъ тѣлъ увеличиваются, какъ мы потомъ увидимъ, далеко не всегда въ прямой зависимости отъ приведенныхъ къ нимъ количествъ тепла. Если расширеніе ртути происходитъ съ той же неравномѣрностью, то одинаковымъ числамъ дѣленій ртутнаго термометра вовсе не всегда соотвѣтствуютъ равныя количества тепла. Въ нашемъ изслѣдованіи мы въ этомъ случаѣ исходили бы изъ невѣрныхъ положеній, а потому невѣрны были бы и всѣ вытекающіе изъ нихъ выводы. Только путемъ метода приближеній мы понемногу возстанавливаемъ истину. Благодаря измѣнчивости теплоты, при изслѣдованіи ея по методу приближеній, предъ нами открываются самые разнообразные пути. Можно, напримѣръ, превратить извѣстное количество тепла, отмѣривъ его по термометрической шкалѣ, въ работу, направленную противъ силы тяжести: это количество тепла черезъ посредство паровой машины, можно направить такъ, что оно будетъ подымать гирю. Сравненіе различныхъ гирь съ соотвѣтственными показаніями термометра даетъ намъ средство для обоюднаго контроля какъ тѣхъ, такъ и другихъ. Далѣе извѣстно, что теплота оказываетъ вліяніе на явленія электричества, что открываетъ предъ нами возможность сравненій и между этими дѣйствіями, и такъ далѣе. Изъ этихъ опытовъ слѣдуетъ, что въ извѣстныхъ предѣлахъ, которыхъ, въ силу обычныхъ внѣшнихъ условій измѣреній, по большей части не преступаютъ, расширеніе ртути идетъ бокъ-о-бокъ съ дѣйствіями теплоты; то же равномѣрное нарастаніе результатовъ дѣйствія теплоты мы наблюдаемъ и во всѣхъ остальныхъ процессахъ. Итакъ, дѣйствительно, мы въ правѣ смотрѣть на ртутный термометръ, какъ на такой измѣритель тепла, равнымъ дѣленіямъ котораго соотвѣтствуютъ и равныя количества тепла.

Такъ какъ термометръ въ нашихъ измѣреніяхъ тепла является приборомъ основнымъ, то мы должны принять мѣры, чтобы показанія его были сравнимы другъ съ другомъ вездѣ и во всѣ времена, то есть, чтобы показанія эти совпадали, какой бы величины ни были дѣленія термометровъ и отъ какой бы точки ни начинался отсчетъ. На первый взглядъ казалось бы, что въ основу шкалы термометра слѣдуетъ положить метръ, а градусъ сдѣлать равнымъ, скажемъ, 1 мм. Но въ такомъ случаѣ въ двухъ термометрахъ, которые должны давать согласныя показанія, трубки должны быть одного и того же калибра и, вообще говоря, конструкція одного изъ нихъ должна вполнѣ повторять собой конструкцію другого. Чтобы не впасть въ большія ошибки, въ этомъ случаѣ неизбѣжныя, въ термометріи метромъ, который представляетъ во всѣхъ другихъ случаяхъ такое большое преимущество, мы не пользуемся; вмѣсто него мы исходимъ изъ той мѣры, которую даютъ сами тепловыя дѣйствія, благодаря чему ее можно безъ труда провѣрить на каждомъ термометрѣ при помощи его же показаній. Исходя изъ этихъ соображеній, условились считать за начало шкалы ту ея точку, у которой останавливается ртутный столбикъ термометрической трубки, когда термометръ погруженъ въ воду съ кусочками льда. Наши тепловыя измѣренія ведутся, такимъ образомъ, всегда отъ температуры тающаго льда, принимающейся за начало; ей, какъ показываютъ опыты, при равныхъ внѣшнихъ условіяхъ всегда сопутствуетъ одно и то же положеніе столбика ртути. Точка эта называется **точкой замерзанія**. Другимъ концомъ этой тепловой единицы служитъ точка, у которой стоитъ ртутный столбикъ, когда онъ погруженъ въ начинающую кипѣть воду, при условіи нормальнаго атмосфернаго давленія. Такъ опредѣляютъ **точку кипѣнія** термометра.

Между точкой кипѣнія и точкой замерзанія можно нанести произвольное число дѣленій. Для научныхъ цѣлей пользуются исключительно одной шкалой, въ которой между этими двумя точками заключается сто дѣленій градусовъ Цельзія, какъ ихъ называютъ, или иначе градусовъ стоградуснаго термометра. Мы будемъ пользоваться далѣе только этимъ термометромъ, въ противномъ случаѣ будемъ это оговаривать. Въ Германіи въ ходу также термометръ Реомюра; въ немъ указанный нами выше промежутокъ раздѣленъ лишь на 80 градусовъ. Наконецъ, въ Англіи и Америкѣ температуру считаютъ по градуснику Фаренгейта. Въ этой, теперь совершенно устарѣлой, шкалѣ точкѣ замерзанія соотвѣтствуетъ 32-ое дѣленіе термометра, а между этой точкой и точкой кипѣнія укладывается 180 дѣленій, такъ что противъ точки кипѣнія стоитъ число 212. 0^0F (Фаренгейта) соотвѣтствуетъ — $17^7/9^0$ C (Цельзія). Термометръ Фаренгейта имѣетъ, по сравненію съ другими, то небольшое преимущество, что для большинства случаевъ, представляющихся въ нашей повседневной жизни, онъ не даетъ отрицательныхъ показаній. Какъ научный приборъ, онъ полонъ недостатковъ, и было бы очень желательно, чтобы во всеобщее употребленіе вошелъ стоградусный термометръ Цельзія. (См. рисунокъ на стр. 142).

Что касается дальнѣйшихъ подробностей устройства ртутныхъ термометровъ и методовъ, устраняющихъ ошибки въ ихъ показаніяхъ, обусловленныя расширеніемъ употребляющагося въ термометрахъ разнаго сорта стекла, то о нихъ мы говорить не будемъ. Ртутнымъ термометромъ можно пользоваться не при всѣхъ термометрическихъ измѣреніяхъ. Ртуть при — $39^1/2^0$ замерзаетъ и такимъ образомъ для измѣренія температуръ болѣе низкихъ уже служить не можетъ; между тѣмъ современная физика имѣетъ дѣло съ температурами, лежащими ниже — 200^0. При $+357^0$ ртуть переходитъ въ парообразное состояніе, и такимъ образомъ выше этой температуры ею пользоваться также нельзя. Въ силу то этого и по другимъ соображеніямъ, въ видахъ достиженія большей точности въ физическихъ измѣреніяхъ, пользуются для опредѣленія температуръ расширеніемъ газовъ; простѣйшій изъ нихъ — атмосферный воздухъ. Газы, которые прежде назывались перманентными (постоянными), имѣютъ то преимущество, что переходъ ихъ въ другое аггрегатное состояніе можетъ произойти лишь при крайне низкой температурѣ, и, сверхъ того, отъ одного и того же количества тепла они расширяются гораздо сильнѣе, чѣмъ тѣла капельно-жидкія или твердыя. Въ воздушномъ термометрѣ (см. рисунокъ на стр. 147) мѣсто ртути заступаетъ воздухъ; онъ находится здѣсь въ совершенно такомъ же сосудѣ, какъ ртуть въ термометрѣ ртутномъ; воздухъ въ шарикѣ этого сосуда отдѣленъ въ точкѣ C отъ наружнаго воздуха какой-нибудь тяжелой жидкостью, напримѣръ, опять-таки ртутью. При расширеніи воздуха въ сосудѣ AB, ртутный столбикъ въ тонкой трубкѣ D перемѣщается и такимъ образомъ своими движеніями указываетъ на тѣ температурныя измѣненія, которыя испытываетъ воздухъ, заключенный въ шарикѣ. Ртутный столбикъ испытываетъ съ наружной стороны давленіе атмосферы, а потому давленіе это, при производствѣ измѣреній съ воздушнымъ термометромъ, необходимо каждый разъ принимать въ разсчетъ. Въ другихъ системахъ термометровъ это требуется лишь при ихъ изготовленіи,—при опредѣленіи точки кипѣнія или, строго говоря, и при опредѣленіи точки замерзанія.

b) Газы и законы ихъ измѣненій.

Изученіе дѣйствій теплоты на различныя тѣла при помощи термометра или подобныхъ ему инструментовъ мы начнемъ съ газовъ; мы въ правѣ ожидать, что въ газахъ, въ этомъ обладающемъ наибольшей свободой и подвижностью состояніи матеріи, изслѣдуемыя нами явленія теплоты, какъ и всѣ другія явленія, имѣютъ и наиболѣе простую и ясную форму.

Въ самомъ дѣлѣ, оказывается, что между приращеніемъ температуры и приращеніемъ объема газа, то есть его расширеніемъ, существуетъ поразительно простое соотношеніе. Объемъ любого газа, каковъ бы ни былъ его составъ, при повышеніи температуры на 1^0 увеличивается на 0,00366 своей величины, что въ

переводѣ на простыя дроби даетъ $^1/_{273}$ ея. Это число носитъ названіе коэффиціента расширенія вещества. Какъ показалъ впервые Гей-Люссакъ, это число для всѣхъ газовъ и при всѣхъ температурахъ постоянно, — величина приращенія всегда одна и та же; есть, правда, извѣстныя ограниченія; о нихъ мы въ свое время скажемъ.

Мы, стало быть, утверждаемъ, что извѣстное количество воздуха, водорода, угольной кислоты или какого-либо другого газа, занимавшее при 0^0 объемъ въ одинъ кубическій метръ, при нагрѣваніи на 273^0 будетъ требовать уже 2 куб. метр., разумѣется, при томъ условіи, чтобы расширеніе нагрѣваемаго газа не встрѣчало никакихъ препятствій, кромѣ давленія, сжимавшаго его уже въ началѣ процесса, то есть давленія атмосфернаго. Выражаясь языкомъ техническимъ, мы назовемъ число 0,00366 коэффиціентомъ расширенія при постоянномъ давленіи C_p.

Если при повышеніи температуры на 273^0 газъ, равномѣрно расширяясь, будетъ занимать вмѣсто одного кубическаго метра два, то мы должны сдѣлать отсюда такой выводъ: при охлажденіи газа отъ 0^0 до — 273^0 объемъ его уменьшаясь обратится изъ 1 кб. метра въ нуль; иначе говоря, при такомъ сжатіи, масса газа, охладившись на 273 градуса, будетъ имѣть безконечно большую плотность Дальнѣйшее паденіе температуры не можетъ, стало быть, произвести никакого дѣйствія на объемъ газообразной матеріи, не можетъ вызвать вообще никакого движенія отдѣльныхъ ея частей, молекулъ, которыя вполнѣ прижаты другъ къ другу, занимая, такимъ образомъ, наименьшій объемъ, какъ того требуетъ теорія. Поэтому эту температуру — 273 называютъ абсолютнымъ нулемъ, а температуру, отсчитываемую отъ него, абсолютной температурой; обыкновенно ее обозначаютъ буквой T.

Опыты надъ тѣлами негазообразными, которые будутъ описаны далѣе, позволяютъ предположить, что эти тѣла достигаютъ максимальной плотности значительно выше абсолютнаго нуля. При этой температурѣ царитъ полная неподвижность, такъ какъ въ тѣлахъ абсолютно плотныхъ невозможны уже ни физическія ни химическія дѣйствія. Если бы части вселенной, свободныя отъ какого бы то ни было воздѣйствія извнѣ, отдавая свое тепло міровому пространству, во всякомъ случаѣ очень холодному, охладились бы до — 273^0, то онѣ коснѣли бы цѣлую вѣчность въ неподвижномъ мертвенномъ состояніи. Такъ какъ предоставленныя самимъ себѣ тѣла становятся лишь все холоднѣе и холоднѣе и никогда не могутъ, какъ мы увидимъ потомъ еще яснѣе, стать сами собой теплѣе, то можно также предположить, что и вся вселенная, разсматриваемая какъ одно цѣлое, все охлаждается и идетъ навстрѣчу тому абсолютному температурному нулю, при которомъ вѣчная смерть охватитъ всѣ творенія, міръ погибнетъ и никогда уже не возродится. Въ настоящее время температура солнца еще приблизительно равна 8000^0, а въ стадіи творенія, предшествовавшей нашей, солнце было, конечно, гораздо горячѣе. Земля, которая нѣкогда оторвалась отъ общей массы солнечной системы, имѣла въ то время и тогдашнюю температуру солнца. Но въ настоящее время средняя температура поверхности земли лишь на нѣсколько градусовъ выше нуля. Отсюда мы видимъ, до чего мы приблизились къ этому абсолютному нулю; изъ огромнаго капитала жизненной теплоты, дарованнаго нашей землѣ при ея рожденіи, мы израсходовали уже много тысячъ единицъ, и теперь на долю нашу осталось такихъ единицъ лишь около трехсотъ. Предъ нами раскрывается при такомъ исходѣ совершенное ничто, такъ какъ матерія безъ движенія лишена и возможности какихъ бы то ни было дѣйствій, лишена всѣхъ свойствъ, такая матерія—ничто. Къ этому великому вопросу мы возвратимся потомъ, когда глубже ознакомимся съ сущностью теплоты и прочихъ силъ природы.

Еще не такъ давно думали, что осуществить условія, хоть сколько-нибудь замѣтно приближающіяся къ этому таинственному нулю бытія, никогда не удастся. Поэтому высказывалось предположеніе, что эта опредѣленная путемъ вычисленія нулевая точка представляетъ изъ себя лишь абстракцію нашей теоріи, что, приблизившись къ такому нулю, тѣла пріобрѣтаютъ свойства, которыми, при извѣст-

ныхъ до сихъ поръ температурахъ, они не обладаютъ. Другими словами, допускали, что коэффиціентъ расширенія газовъ для предѣльныхъ температуръ не постояненъ, а зависитъ отъ самой температуры, какъ коэффиціентъ расширенія тѣлъ твердыхъ. Между тѣмъ, теперь получаютъ температуры ниже — 240°, и, какъ далеко ни отодвинуты внизъ эти предѣльныя температуры, оказывается, что и здѣсь простой законъ расширенія газовъ сохраняетъ всю свою силу постольку, поскольку газы остаются газами. Правда, при этой температурѣ всѣ газы, до того считавшіеся „постоянными", представляютъ изъ себя уже жидкости или твердыя тѣла, такъ сильно, слѣдуя нашему закону, сжались они при этомъ пониженіи температуры. Помѣщенный у насъ на стр. 148 рисунокъ представляетъ кусокъ твердаго воздуха, который при столь низкихъ температурахъ пріобрѣтаетъ такую упругость, что молотокъ, ударившись о него, отскакиваетъ назадъ.

Теперь надо попытаться объяснить процессъ расширенія при повышеніи температуры, исходя изъ тѣхъ свойствъ матеріи, съ которыми мы уже ознакомились. Пусть мы желаемъ сжать газъ механическимъ путемъ, напримѣръ, накладывая гири на подвижной поршень, плотно входящій въ наполненный газомъ цилиндръ, и если сжатіе это соотвѣтствуетъ тому, какое произошло бы само собой при потерѣ газомъ извѣстнаго количества тепла, то для этого потребуется сила, величину которой указываютъ гири. Сообщая газу извѣстное количество тепла, можно такимъ путемъ эту силу уравновѣсить. Стало быть, дѣйствіе теплоты — сила. Силу эту можно измѣрить при помощи силы тяжести, выбранной нами, въ виду ея неизмѣняемости, за мѣру всѣхъ остальныхъ силъ природы.

Пока атомистическое воззрѣніе на строеніе матеріи не проложило себѣ дороги въ наукѣ, теплоту принимали за особаго рода жидкость, разумѣется не имѣющую вѣса, одну изъ тѣхъ невѣсомыхъ жидкостей, которыя играли столь большую роль въ старыхъ воззрѣніяхъ на физическіе процессы. Жидкость эта, какъ бы впитываясь въ поры тѣла, перетекала въ него изъ другого тѣла, въ которомъ она содержалась съ избыткомъ, и такъ до тѣхъ поръ, пока не устанавливалось равновѣсіе. Во всякомъ случаѣ всѣ извѣстныя намъ до сихъ поръ явленія въ газахъ можно объяснить, ограничившись лишь этимъ однимъ предположеніемъ. На газы, съ этой точки зрѣнія, надо смотрѣть какъ на такія губки, которыя тѣмъ больше набухаютъ, чѣмъ больше впитываютъ въ себя тепловой жидкости. Теорія, построенная на этомъ воззрѣніи на теплоту, какъ на жидкость, нашла бы подтвержденіе еще въ цѣломъ рядѣ другихъ явленій, и до сихъ поръ изслѣдователи пользуются картиной теплоты, перетекающей изъ болѣе теплаго тѣла въ болѣе холодное, и основываютъ на этомъ наглядномъ представленіи извѣстные выводы.

Воздушный термометръ. См. текстъ, стр. 45.

Но не говоря уже о томъ, что есть такія явленія (напримѣръ, возникновеніе тепла при треніи), которыхъ эта теорія объяснить не можетъ, атомистическое воззрѣніе, не встрѣчая противорѣчій ни въ одномъ явленіи природы, совершенно покончило съ невѣсомыми веществами, заключающими внутреннее противорѣчіе въ самихъ себѣ. Всѣ проявленія силъ мы сводимъ на движенія мельчайшихъ частицъ матеріи, производящихъ эту силу. А потому на теплоту мы будемъ смотрѣть также какъ на родъ движенія.

Тѣ соображенія, которыя приведены нами на стр. 106 въ видѣ вступленія въ такъ называемую кинетическую теорію газовъ, даютъ намъ важныя указанія. Мы видѣли, что частички газа совершаютъ очень быстрыя прямолинейныя движенія и, будучи заключены въ сосудъ, отражаются отъ его стѣнокъ, и что удары эти и производятъ наблюдаемое нами давленіе газа. Наше тѣло, тѣло человѣка, также всегда окружено газомъ, атмосфернымъ воздухомъ. Нельзя ли допустить поэтому, что ударъ частицъ газа о кожу уже самъ по себѣ является достаточной причиной для теплового ощущенія? Мы видимъ на каждомъ шагу, что удары, какъ, напримѣръ, ударъ молотка о наковальню, производятъ теплоту. То

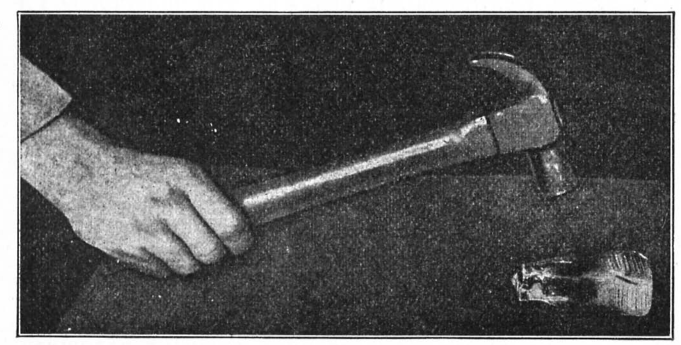
что здѣсь происходитъ въ большихъ размѣрахъ, тамъ можетъ происходить въ самыхъ ничтожныхъ. Если это такъ, то давленіе газа и его температура — одно и то же явленіе, и законы, управляющіе давленіями газовъ, должны оставаться въ силѣ и по отношенію къ явленіямъ, зависящимъ отъ измѣненій температуры. Эту мысль мы постараемся развить.

Главнымъ изъ этихъ законовъ надо признать законъ Бойля-Маріотта, о которомъ мы упомянули уже на стр. 106. Онъ гласитъ, что объемъ извѣстнаго количества газа обратно пропорціоналенъ испытываемому имъ давленію. Законъ этотъ долженъ управлять и температурами, что на самомъ дѣлѣ и оказывается. Если помѣстить въ сосудѣ подъ извѣстнымъ давленіемъ воздухъ и если потомъ часть его выпустить, то температура остающагося воздуха уменьшается въ томъ же отношеніи, что и его давленіе. Если же этотъ выходящій изъ сосуда воздухъ впускать въ другой сосудъ, изъ котораго воздухъ предварительно выкачанъ, то этотъ второй сосудъ, какъ показалъ впервые Джоуль, нагрѣется настолько, насколько первый охладится; общая, такъ сказать, теплота количества газа, занимающаго теперь двойной объемъ, осталась та же, но теперь она распредѣлилась по мѣсту, въ два раза большему, а потому теплота каждой части должна была стать въ два раза меньше прежней.



Твердый воздухъ. См. текстъ, стр. 147.

Если сообщать тепло извѣстному количеству газа, заключающемуся въ сосудѣ, то тепло это будетъ увеличивать объемъ газа. Но такъ какъ твердыя стѣнки сосуда этому увеличенію препятствуютъ, то повысится соотвѣтственнымъ образомъ давленіе. Но повышеніе давленія, согласно кинетической теоріи газовъ, мы представляемъ себѣ не иначе, какъ результатъ увеличенія скорости, или, точнѣе, полной силы частицъ газа. Итакъ, по температурѣ газа мы можемъ судить и о скорости его молекулъ, и при абсолютномъ нулѣ скорость эта, согласно тому, что сказано, также равна нулю. Законъ Бойля-Маріотта выражается уравненіемъ $vp = v_0 p_0$, гдѣ p и v представляютъ собой давленіе и объемъ опредѣленнаго количества газа въ опредѣленномъ состояніи, а снабженные значкомъ $_0$ (v_0 и p_0) — соотвѣтственныя величины, но при другомъ состояніи газа. Чтобы въ эти соотношенія ввести, какъ того требуютъ описанные выше факты, и температуру, предположимъ, что v_0 и p_0 представляютъ изъ себя объемъ и давленіе извѣстнаго количества газа при 0_0, а v и p объемъ и давленіе того же количества газа при температурѣ t стоградуснаго термометра. Температуру эту мы отыщемъ по слѣдующей простой формулѣ $pv = p_0 v_0 (1 + \alpha t)$, гдѣ α—коэффиціентъ расширенія газовъ, равный, какъ мы знаемъ, $\frac{1}{273}$. Законъ, выражаемый уравненіемъ, называется по имени того, кто его открылъ, закономъ Гей-Люссака, а математическое выраженіе его называется уравненіемъ состоянія газовъ. Если воспользоваться простымъ соотношеніемъ между массой и объемомъ и ввести абсолютную температуру, то уравненію можно придать простую форму $vp = mRT$, гдѣ m — масса газа, а R — постоянная для каждаго газа величина, такъ называемая постоянная газа. Очевидно, что величина R должна содержать въ себѣ въ той или другой формѣ скорость частицъ газа, измѣняющуюся въ зависимости отъ температуры. Согласно нашимъ кинетическимъ представленіямъ, давленіе опредѣленной массы m зависитъ отъ этой скорости, такъ какъ сила толчковъ есть произведеніе изъ массы и скорости. Въ самомъ дѣлѣ, нетрудно показать, что скорость молекулъ газа, совершающихъ колебанія на протяженіи отъ одного встрѣ-



Твердый воздухъ. См. текстъ, стр. 147.

чающагося имъ препятствія до другого, взадъ и впередъ, должна равняться квадратному корню изъ 3RT. Отсюда слѣдуетъ, что скорости молекулъ различныхъ газовъ относятся при одинаковыхъ температурахъ газовъ, какъ квадратные корни изъ ихъ постоянныхъ R. Для водорода такая постоянная R равна 42,313, для азота 3017, для кислорода 2655, для углекислоты 1926 нѣкоторыхъ опредѣленныхъ единицъ. Отсюда и можно вычислить величины скоростей молекулъ газа, уже приведенныя нами на стр. 108, а именно 1,84 км. въ секунду—для водорода, 0,39 для угольной кислоты и т. п. Отношеніе 1,844 : 0,392 равно $\sqrt{42313 : 1926}$.

Плотность вещества равна частному, получающемуся отъ раздѣленія его массы на его объемъ (см. стр. 63). А именно $d = \frac{m}{v}$. Если оказывается, что 1 кб. см. желѣза въ нѣсколько разъ тяжелѣе 1 кб. см. воды, то въ первомъ случаѣ частицы вещества сжаты во столько же разъ больше, нежели во второмъ. То же соображеніе остается въ силѣ и по отношенію къ газамъ. Изъ нашего уравненія состоянія газовъ получаемъ: $\frac{m}{v} = d = \frac{p}{RT}$; отсюда мы видимъ, что плотности газовъ обратно пропорціональны постояннымъ R (при равной температурѣ и равномъ давленіи). Опытное опредѣленіе этихъ плотностей газовъ приводитъ насъ, стало быть, къ отысканію этихъ постоянныхъ, а отсюда и къ опредѣленію скорости молекулъ газа. Далѣе, изъ теоріи газовъ слѣдуетъ, что, при равныхъ давленіяхъ и температурахъ, разстоянія между отдѣльными молекулами будутъ во всѣхъ газахъ въ среднемъ одни и тѣ же, иначе при опредѣленномъ повышеніи температуры, обусловливающемъ соотвѣтственное увеличеніе разстояній между молекулами, они не могли бы одинаково расширяться. Если одинъ газъ имѣетъ большую плотность, чѣмъ другой, при одинаковыхъ внѣшнихъ условіяхъ, то отсюда слѣдуетъ, что и каждая молекула перваго газа въ отдѣльности плотнѣе отдѣльной молекулы второго, потому что промежутки между отдѣльными молекулами, не наполненные матеріей, во всѣхъ газахъ, при прочихъ равныхъ условіяхъ одинаковы. Такимъ образомъ, плотностями газовъ опредѣляются и плотности самихъ молекулъ, то есть ихъ массы или вѣса, конечно относительныя, отнесенныя къ вѣсу произвольно выбранной молекулы, принимаемому за единицу; сравненіе плотностей газовъ даетъ намъ числа лишь относительныя. Опредѣливъ ихъ изъ опыта, мы можемъ найти молекулярный или атомный вѣса того или другого элемента или сложнаго тѣла. Плотности газовъ относятся другъ къ другу, какъ вѣса отдѣльныхъ молекулъ. Въ видѣ закона, впервые формулировалъ это положеніе Авогадро. Разъ мы нашли изъ опыта, что плотность кислорода въ 16 разъ больше плотности водорода, то тѣмъ самымъ мы показали, что молекула кислорода въ 16 разъ тяжелѣе молекулы водорода. Этотъ результатъ самъ по себѣ несомнѣненъ, но объ абсолютныхъ величинахъ вѣсовъ этихъ мельчайшихъ частей матеріи намъ неизвѣстно ничего достовѣрнаго. Если ввести этотъ молекулярный вѣсъ μ въ уравненіе состоянія газовъ и соотвѣтственнымъ образомъ преобразовать входящія въ него постоянныя, то мы получимъ это уравненіе въ такомъ видѣ: $pv = 0{,}0819 \frac{T}{\mu}$, гдѣ давленіе дано въ атмосферахъ, объемъ въ литрахъ, а вѣсъ молекулы водорода положенъ равнымъ 2. За единицу массы принятъ граммъ. При помощи этой формулы, можно по заданнымъ условіямъ предвычислить соотвѣтствующее имъ состояніе газа. Объяснимъ это на примѣрахъ. Мы желаемъ знать, какое пространство долженъ занять 1 гр. водорода при давленіи въ 1 атмосферу и при температурѣ 0° Ц. T въ этомъ случаѣ равно 273, а $\mu = 2$; такъ какъ $p = 1$, то изъ нашей формулы получится, что $v = 273 \times 0{,}0819 : 2 = 11{,}2$ литра. Мы получимъ объемъ какого-нибудь другого газа при этихъ нормальныхъ условіяхъ, раздѣливъ это число 11,2, или точнѣе 11,15, на половину молекулярнаго вѣса взятаго нами газа. Такъ, напримѣръ, молекулярный вѣсъ кислорода равенъ 32. Мы, стало быть, должны для того, чтобы найти объемъ 1 гр. кислорода при 0° и давленіи въ 1 атмосферу, раздѣлить 11,15 литра на 16; мы получимъ въ частномъ 0,699 литра. Пусть водородъ взятъ при температурѣ —250°, такъ что $T = 23°$. Объемъ долженъ уменьшиться, притомъ пропорціонально тем-

пературѣ. Отсюда $v = 11{,}2 \times 23 : 273 = 0{,}94$ литра. Итакъ, при этомъ охлажденіи объемъ водорода сжался приблизительно на двѣнадцатую долю своей первоначальной величины.

Опредѣленіе молекулярныхъ и атомныхъ вѣсовъ газовъ по плотностямъ ихъ имѣло громадное значеніе для всего пониманія молекулярныхъ процессовъ. Множество явленій, относящихся къ другимъ областямъ природы, въ особенности же къ области химическаго сродства, вполнѣ подтверждаютъ правильность найденныхъ по указанному выше методу величинъ атомныхъ вѣсовъ и объяснить эти явленія удается лишь тогда, когда мы отправляемся отъ предположенія о соотвѣтственной неодинаковости массъ мельчайшихъ частицъ матеріи. Этимъ вопросомъ мы должны будемъ заняться еще впослѣдствіи.

c) Теплота и работа.

Теплота, какъ сила, обладаетъ поразительной способностью производить работу, и на практикѣ ее и стараются использовать наиболѣе выгоднымъ образомъ, напримѣръ, черезъ посредство паровыхъ машинъ. Мы попробуемъ теперь точнѣе измѣрить соотношеніе между теплотой и производимой ею работой.

Съ этой цѣлью помѣстимъ 1 литръ воздуха, при нормальномъ атмосферномъ давленіи и температурѣ 0^0, въ трубку, сѣченіе которой равно 1 кв. см., а потому высота столба воздуха въ трубкѣ равна 10 м. Верхній конецъ долженъ быть устроенъ такъ, чтобы нашъ воздушный столбъ испытывалъ только нормальное давленіе; отъ внѣшняго міра его отдѣляетъ подвижной поршень.

Если, поддерживая давленіе постояннымъ, нагрѣть воздухъ въ трубкѣ до 100^0, то онъ расширится въ отношеніи 373: 273. Такимъ образомъ нашъ литръ воздуха займетъ объемъ, равный 13,66 литра, а въ трубѣ будетъ простираться въ высоту на 1,366 метра. На эту высоту подвижной поршень и подымется. На поршень давитъ столбъ воздуха, вѣсъ котораго равенъ столбу ртути въ 0,76 м. высоты и въ 1 кв. ст. въ поперечникѣ. Какъ мы показали на стр. 103, это количество ртути вѣситъ 1033 гр., и при повышеніи температуры на 100^0 эта именно тяжесть, независимо отъ вѣса самого поршня, и поднимется на 3,66 м.

Оказывается, что расходъ тепла, получаемаго нами изъ какого либо источника теплоты и затрачиваемаго на повышеніе температуры какого-нибудь вещества на опредѣленное число градусовъ, не во всѣхъ случаяхъ одинаковъ и въ значительной степени зависитъ отъ давленія, подъ которымъ находится это вещество, и отъ природы этого вещества. Поэтому, прежде чѣмъ приступить къ развитію нашихъ прежнихъ соображеній, надо установить для затрачиваемыхъ нами количествъ тепла мѣру. Количество тепла, потребное для нагрѣва 1 кб. см. воды, стало быть, 1 грамма воды при нормальномъ атмосферномъ давленіи съ 15^0 до 16^0 носитъ названіе калоріи, или точнѣе граммъ-калоріи. Число калорій, необходимое для того, чтобы нагрѣть на 1^0 такое же количество другого, отличнаго отъ воды вещества есть то, что называютъ удѣльной теплотой этого вещества.

Удѣльныя теплоты опредѣляются такъ: мы наблюдаемъ, насколько охладится или нагрѣется извѣстное количество воды, будучи приведено въ соприкосновеніе съ такимъ же по вѣсу количествомъ какого-либо вещества, разница между температурами которыхъ извѣстна. Если въ 1 литрѣ воды при 15^0 погрузить такое же количество, то есть 1 кг. желѣза при 70^0, то, когда температуры ихъ сравняются, общая температура какъ желѣза, такъ и воды будетъ 20^0. Желѣзо охладилось на 50^0, а вода нагрѣлась лишь на 5^0. Такимъ образомъ, чтобы произвести на воду то же дѣйствіе, что и на желѣзо, требуется количество тепла въ 10 разъ большее; если принять теплоемкость воды за 1, удѣльная теплота или теплоемкость желѣза будетъ, стало быть, равна $\frac{1}{10}$. Если же смѣшать 2 литра воды, температуры которыхъ соотвѣтственно равны 15^0 и 70^0, то при одинаковой температурѣ одинаковыхъ массъ можно будетъ заключить, какъ это мы дѣлали въ опытѣ съ желѣзомъ, и о равенствѣ соотвѣтствующихъ имъ количествъ тепла; въ

результатѣ по смѣшеніи мы будемъ имѣть воду въ 42,5°, что равно среднему отъ 15° и 70°; объясняется это тѣмъ, что одна часть воды столько теряетъ, сколько другая выигрываетъ. Отсюда мы видимъ, что, при одинаковомъ паденіи температуры, работа, производимая желѣзомъ, въ десять разъ меньше работы воды, ибо отдача тепла въ первомъ случаѣ въ десять разъ легче, нежели во второмъ.

При разысканіи механическаго эквивалента тепла, мы находимъ, что воздухъ въ томъ случаѣ, когда онъ долженъ преодолѣвать давленіе атмосферы, нагрѣвается медленнѣе, чѣмъ тогда, когда ему не приходится выполнять этой работы. Удѣльная теплота неизмѣнна, стало быть, лишь при постоянномъ давленіи. Если давленіе увеличить, — удѣльная теплота уменьшится: плотное тѣло легче воспринимаетъ теплоту, чѣмъ тѣло рыхлое. Мы убѣдились въ этомъ во время нашего опыта съ желѣзомъ: удѣльный вѣсъ его приблизительно въ семь разъ больше удѣльнаго вѣса воды, а удѣльная теплота его приблизительно равна лишь $\frac{1}{10}$ удѣльной теплоты воды. Чтобы избѣжать недоразумѣній, мы должны прибавить, что для удѣльной теплоты при постоянномъ давленіи (въ 1 атмосферу) существуетъ опредѣленная величина, которую обыкновенно обозначаютъ символомъ C_p. Кромѣ того, различаютъ въ ряду другихъ удѣльныхъ теплотъ еще удѣльную теплоту при постоянномъ объемѣ (C^v); для воздуха: $C_p = 0{,}2375$, $C_v = 0{,}1690$.


Робертъ Майеръ. Изъ „19-го столѣтія въ картинахъ“, Веркмейстера. См. текстъ, стр. 151.

Это значитъ, что нагрѣваніе одного грамма воздуха при давленіи въ 1 атмосферу на 1 градусъ требуетъ затраты 0,2375 того количества тепла, которое идетъ на достиженіе того же результата, когда мы имѣемъ дѣло съ водой. Но если мы этотъ граммъ воздуха помѣстимъ въ такой сосудъ, чтобы газъ при нагрѣваніи не могъ расширяться, то для повышенія его температуры на одинъ градусъ потребуется лишь 0,169 калоріи. Разницей между этими двумя удѣльными теплотами и характеризуется работа, которую производитъ расширяющійся воздухъ, подымая столбъ воздуха. Эти соображенія впервые высказаны были гейльбронскимъ врачемъ Робертомъ Майеромъ (см. портретъ выше), котораго такимъ образомъ мы должны признать основателемъ современной теоріи тепла. Соображенія эти, приведшія его къ опредѣленію величины механическаго эквивалента тепла, мы повторимъ здѣсь совершенно въ томъ видѣ въ какомъ они даны у него: врядъ ли возможно изложить ихъ яснѣе, чѣмъ онъ сдѣлалъ самъ; а потому мы ограничимся лишь тѣмъ, что замѣнимъ въ его разсчетахъ приведенныя имъ числа другими, соотвѣтствующими современному уровню знанія.



Робертъ Майеръ. Изъ „19-го столѣтія въ картинахъ", Веркмейстера.
См. текстъ, стр. 151.

„1 кб. стм. воздуха вѣситъ 0,001293 гр. Если повысить температуру его на 1^0, не измѣняя испытываемаго имъ давленія (въ 1 атмосферу), то онъ расширится, какъ мы знаемъ, на $\frac{1}{273}$, и на столько же будетъ приподнята тяжесть въ 1033 гр., представляющая собой вѣсъ воздушнаго столба, опирающагося на этотъ кубическій сантиметръ. Чтобы выполнить это, нагрѣвъ въ то же время кубическій сантиметръ воздуха на 1^0, мы должны сообщить ему столько калорій, сколько единицъ получится у насъ въ произведеніи массы его на удѣльную теплоту при постоянномъ давленіи, а именно $0{,}001293 \times 0{,}2375 = 0{,}0003070$ кал. Число калорій, потребное лишь для одного повышенія температуры нашего кубическаго сантиметра воздуха, а не для выполненія работы, опредѣлится произведеніемъ массы его на удѣльную теплоту, при постоянномъ объемѣ, а именно $0{,}001293 \times 0{,}169 =$ $= 0{,}0000185$ кал. Разница между ними идетъ уже исключительно на работу. Такимъ образомъ, $0{,}0003070 - 0{,}0000185 = 0{,}0000885$ кал. подымаютъ тяжесть въ 1033 гр. на $\frac{1}{273}$ см., а одна калорія подымаетъ грузъ въ 1033 гр. на $\frac{1}{273} : 0{,}0000885 = 41{,}4$ см., а грузъ, вѣсящій 1 граммъ, — на $41{,}4 \times 1033 = 428$ м. Послѣднее число есть такъ называемый эквивалентъ тепла; онъ показываетъ, что количество тепла, нагрѣвающее 1 кб. см. воды съ 15^0 до 16^0 и переведенное какимъ бы то ни было способомъ въ работу, въ состояніи поднять грузъ, вѣсящій 1 граммъ, на 428 м.

Чтобы составить себѣ представленіе о размѣрахъ этой производимой тепломъ работы, станемъ нагрѣвать въ теченіе 1 минуты на обыкновенной газовой горѣлкѣ 500 граммовъ воды,—и пусть при этомъ температура воды повысится на 15^0.

Мы сообщили водѣ за это время $15 \times 500 = 7500$ калорій, которыя могли бы въ теченіе этой одной минуты поднять гирю, вѣсящую граммъ, на $7500 \times$ $\times 428 = 3210000$ м. или 100 кгр. на 32,1 м., если-бъ мы нагрѣвали этимъ газомъ совершенную, то есть работающую безъ потерь машину".

Если мы вспомнимъ нашъ взглядъ на природу тепловыхъ явленій, по которому они представляютъ собой движенія мельчайшихъ частицъ матеріи, то мы поймемъ высокую важность этого разсужденія, устанавливающаго опредѣленную связь между количествами тепла и производимыми ими работами; въ то же время она даетъ намъ мѣру тѣхъ внутреннихъ силъ молекулярныхъ движеній, которыя непосредственно нами наблюдаемы быть не могутъ.

d) Удѣльная теплота и атомная теплота.

На очереди стоитъ теперь вопросъ о томъ, какъ представлять себѣ тѣ молекулярные процессы, черезъ посредство которыхъ тепло превращается въ работу. Извѣстное количество тепла, сообщенное тѣлу, можетъ проявить себя въ двоякаго рода дѣйствіяхъ. Во-первыхъ, тепло это можетъ повысить температуру тѣла, а, во-вторыхъ, вызвать его расширеніе, благодаря чему оно получаетъ способность производить работу во внѣ. Эти два дѣйствія, согласно нашимъ основнымъ воззрѣніямъ, могутъ основываться не иначе, какъ на двухъ различнаго рода движеніяхъ мельчайшихъ частицъ тѣла. Изъ этихъ двухъ движеній одно мы уже знаемъ: это прямолинейное поступательное движеніе газовыхъ молекулъ, обусловливающее давленіе ихъ на стѣнки сосуда. Такъ какъ въ газахъ ростъ этого давленія пропорціоналенъ возрастанію ихъ температуры, то это поступательное движеніе молекулъ газа уже и является причиной температурныхъ измѣненій.

Изъ предыдущаго мы уже знаемъ, что эти скорости молекулъ газа очень велики, что для водорода такая скорость равна приблизительно 2 кил. въ секунду, а для воздуха во всякомъ случаѣ выше 300 м. Но въ міровомъ пространствѣ эти газы, будучи предоставлены самимъ себѣ, несмотря на такія скорости, не разсѣиваются. Значитъ препятствія ихъ распространенію представляютъ не только стѣнки сосуда, въ которомъ они находятся, препятствіе лежитъ и въ нихъ самихъ. Если принять во вниманіе, что въ одномъ лишь кубическомъ миллиметрѣ угольной кислоты, какъ мы замѣтили уже на стр. 109, содержится 58000 билліоновъ молекулъ этого газа, то мы поймемъ, что, двигаясь поступательно, онѣ должны тормозить

другъ друга, онѣ отскакиваютъ другъ отъ друга, и получается колебательное движеніе около нѣкотораго средняго положенія. Вычисленіе показываетъ, что, при нормальномъ давленіи и нормальной температурѣ, частица воздуха сталкивается въ секунду съ подобными ей частицами не менѣе 4700 милліоновъ разъ. Итакъ, мы опредѣлили оба искомыхъ движенія: поступательное и колебательное.

Наша параллель между движеніями молекулярными и космическими, къ которой мы постоянно прибѣгаемъ, наводитъ насъ на мысль, что это колебательное движеніе въ огромномъ большинствѣ случаевъ представляетъ собой движеніе по замкнутой кривой, на подобіе движенія планетъ вокругъ общаго ихъ центра тяжести. Если діаметръ этихъ орбитъ увеличивается, то каждая изъ этихъ солнечныхъ системъ солнцъ молекулъ, а стало быть и все тѣло, требуютъ больше мѣста, чѣмъ раньше: тѣло расширяется и производитъ при этомъ работу. Измѣненія размѣровъ этихъ молекулярныхъ орбитъ будутъ служить мѣрой искомой работы, а средняя скорость молекулъ на этихъ орбитахъ — мѣрой температуры. Если мы нагрѣваемъ газъ при постоянномъ объемѣ, то орбиты его молекулъ увеличиваться не могутъ; все тепло въ этомъ случаѣ пойдетъ на увеличеніе скорости по орбитѣ, то есть на повышеніе температуры. Если же допустить при постоянномъ давленіи увеличеніе размѣровъ орбитъ, но сдѣлать такъ, чтобы температура, то есть средняя скорость на этихъ увеличенныхъ орбитахъ, оставалась бы та же, какъ и въ случаѣ съ постояннымъ объемомъ, то для этого необходимы новыя затраты тепла: если мы, увеличивъ размѣры орбитъ, хотимъ поддержать на нихъ ту же скорость, какую молекулы имѣли раньше, то это потребуетъ особыхъ количествъ тепла. Эта добавочная теплота опредѣляется, по нашему обозначенію, разностью $C_p - C_v$, соотвѣтствующей механическому эквиваленту тепла. Итакъ, эта разность служитъ мѣрой кругообразныхъ движеній молекулъ по ихъ орбитамъ.

Процессъ переноса тепла отъ одного тѣла къ другому мы должны понимать, согласно тому, что сказано, какъ уравненіе скоростей молекулярныхъ движеній по орбитамъ, совершающихся въ этихъ тѣлахъ. Если кусокъ нагрѣтаго желѣза погрузить въ менѣе теплую, чѣмъ оно, воду, то въ этомъ случаѣ частицы желѣза движутся по своимъ орбитамъ быстрѣе частицъ воды.

Если теперь частица желѣза столкнется съ частицей воды, то одна изъ нихъ, обладающая большей скоростью, какъ того требуютъ основы механики, должна будетъ уступить другой часть своей скорости, и это перераспредѣленіе скоростей будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока скорости всѣхъ движущихся по своимъ орбитамъ молекулъ какъ желѣза, такъ и воды не будутъ равны, то есть пока всѣ молекулы не будутъ имѣть одинаковой температуры.

Чѣмъ ближе прилегаютъ другъ къ другу отдѣльныя частички, образующія массу тѣла, независимо отъ того, чѣмъ это обусловлено, внѣшнимъ ли давленіемъ или тѣми молекулярными притяженіями, которыя обнаруживаютъ свое дѣйствіе при переходѣ тѣла изъ одного аггрегатнаго состоянія въ другое сближеніемъ молекулъ, тѣмъ болѣе затруднено увеличеніе размѣровъ орбитъ скоростями, сообщаемыми молекуламъ тѣла при притокѣ тепла. Такимъ образомъ изъ сообщеннаго тѣлу тепла на повышеніе температуры пойдетъ тѣмъ большая часть, чѣмъ меньше будетъ затрачиваться на расширеніе его или на работу. Чѣмъ тѣло плотнѣе, тѣмъ меньше отличаются другъ отъ друга его удѣльныя теплоты, — теплота при постоянномъ давленіи и теплота при постоянномъ объемѣ, — тѣмъ меньше для него эквивалентъ его работы. Къ такому неизбѣжному выводу мы должны прійти, основываясь лишь на однихъ нашихъ теоретическихъ соображеніяхъ, и опытъ подтверждаетъ этотъ выводъ вполнѣ. Газы обладаютъ наибольшей способностью расширенія и потому наиболѣе пригодны для выполненія работы въ тепловыхъ машинахъ. Въ тѣлахъ твердыхъ способность расширенія подъ вліяніемъ тепла, по большей части, настолько ничтожна, что обѣ эти удѣльныя теплоты въ практическомъ отношеніи мало чѣмъ другъ отъ друга отличаются.

Удѣльныя теплоты твердыхъ тѣлъ интересны еще въ одномъ отношеніи, представляющемъ большую важность для нашего кинетическаго пониманія процес-

совъ. Оказывается, что произведенiе удѣльной теплоты твердаго тѣла на его атомный вѣсъ есть величина постоянная. Произведенiе это носитъ названiе атомной теплоты, а только что формулированный нами законъ — закона Дюлонга и Пти. Мы сейчасъ увидимъ, почему такой законъ долженъ существовать. Чѣмъ тяжелѣе тѣло, которому мы сообщаемъ опредѣленную скорость, тѣмъ большую силу придется къ нему приложить, — таковъ основный законъ механики. Силу эту, сообщающую мельчайшимъ частямъ вещества опредѣленную скорость, соотвѣтствующую температурѣ, представляетъ собой удѣльная теплота, что же касается атомнаго вѣса, то онъ указываетъ, во сколько разъ самомалѣйшiя части того или другого вещества тяжелѣе вещества, служащаго мѣрой для сравненія. За такое вещество обыкновенно принимаютъ водородъ. Приведемъ теперь для уясненія закона нѣсколько чиселъ:

	атомный вѣсъ $= a$	удѣльная теплота $=$ c.	Произведенiе $= ac$.
Литiй	7,0	0,941	6,60
Магнiй	24,4	0,250	6,09
Никель	58,5	0,109	6,38
Серебро	107,9	0,057	6,15
Церiй	141,5	0,045	6,33
Свинецъ	206,9	0,031	6,49
Уранъ	239,0	0,028	6,65

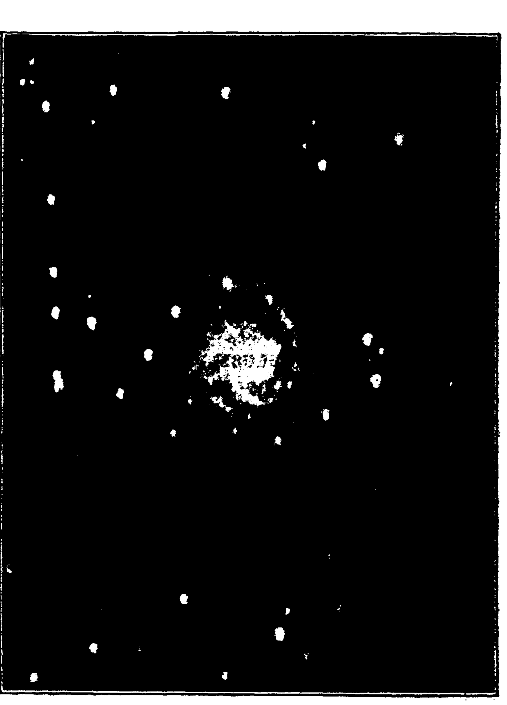
Сопоставленныя нами числа показываютъ намъ, что, какъ ни различны сами атомные вѣса, произведенiя ихъ на удѣльныя теплоты соотвѣтствующихъ веществъ все же почти одинаковы. Въ среднемъ такое произведенiе, для вычисленiя котораго мы беремъ данныя, относящiяся къ 45 твердымъ химическимъ элементамъ, равно 6,26: оно называется средней атомной теплотой этихъ веществъ. Если мы допустимъ, что атомы химическихъ элементовъ состоятъ въ свою очередь изъ частей еще болѣе малыхъ, — мы называли такiя части первичными атомами и говорили, что онѣ обладаютъ лишь свойствомъ занимать пространство и перемѣщаться,—то въ такомъ случаѣ атомный вѣсъ можетъ выражать собой число этихъ первичныхъ атомовъ въ атомѣ соотвѣтственнаго химическаго элемента, атомная же теплота будетъ характеризовать размѣры движенiй, совершаемыхъ ими. Химическiй атомъ, состоящiй изъ 100 такихъ первичныхъ атомовъ, по сравненiю съ атомомъ элемента одноатомнаго, будетъ во сто разъ болѣе инертнымъ къ воспринятiю идущихъ извнѣ движенiй, благодаря этому во столько же разъ меньше станетъ и удѣльная его теплота.

Приведенный нами выше рядъ чиселъ показываетъ, что результаты, относящiеся къ различнымъ элементамъ, совпадаютъ не вполнѣ. Отклоненiе отъ средней величины для 45 изслѣдованныхъ элементовъ въ среднемъ равно приблизительно 5 процентамъ ея. Нѣкоторыя отклоненiя можно вполнѣ основательно объяснять недостовѣрностью соотвѣтственныхъ чиселъ, добытыхъ путемъ экспериментальнымъ, но такое предположенiе мы вправѣ сдѣлать далеко не во всѣхъ случаяхъ. У трехъ твердыхъ элементовъ, — углерода въ формѣ алмаза, бора и бериллiя, которые мы при опредѣленiи средней величины исключили изъ числа 45 упомянутыхъ выше элементовъ,—мы находимъ даже такiя атомныя теплоты: атомная теплота алмаза равна приблизительно четвертой части сказаннаго средняго значенiя, а теплоты двухъ остальныхъ элементовъ—приблизительно половинѣ этого значенiя. Далѣе, оказывается, что у газовъ атомныя теплоты имѣютъ величины значительно меньшiя, чѣмъ у твердыхъ тѣлъ, и что онѣ въ меньшей степени сходны, чѣмъ у тѣлъ твердыхъ. Этотъ фактъ поразителенъ въ особенности потому, что до сихъ поръ мы именно въ газахъ привыкли встрѣчать наиболѣе простыя соотношенiя.

Наши изслѣдованiя, такимъ образомъ, приводятъ насъ къ тому, что законъ Дюлонга и Пти самъ по себѣ состоятеленъ, но что должны существовать еще тѣ особыя дѣйствiя, которыя вносятъ свои индивидуальныя поправки въ постоянную величину атомной теплоты въ зависимости отъ того, какой элементъ мы беремъ.

Причину этихъ особыхъ дѣйствiй мы можемъ искать лишь въ неодинаковости

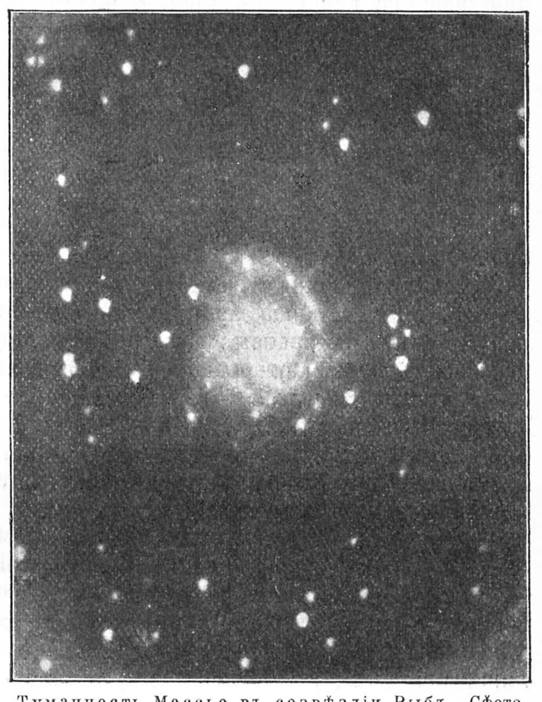
строенія молекулъ различныхъ химическихъ элементовъ. Для лучшаго уясненія всѣхъ сторонъ интересующаго насъ вопроса, снова обратимся къ нашей иллюстраціи, къ движеніямъ міровыхъ свѣтилъ; до сихъ поръ молекулы мы разсматривали, какъ свѣтила цѣльныя, но теперь мы знаемъ, что молекулы въ свою очередь состоятъ изъ атомовъ. Что касается тѣхъ атомовъ, съ которыми имѣетъ дѣло химикъ, то путемъ извѣстныхъ операцій онъ можетъ выдѣлить изъ группы атомовъ, составляющихъ молекулу, тотъ или другой атомъ сравнительно легко. Въ молекулярныхъ системахъ атомы занимаютъ мѣсто какъ бы третьихъ по порядку тѣлъ, это—спутники, совершающіе въ молекулахъ-планетахъ точно такія же кругообразныя движенія вокругъ своего общаго центра тяжести, какія сами молекулы совершаютъ вокругъ своего. Вообще говоря, лишь однѣ химическія силы, проникающія въ эти тончайшія клѣтки ткани, сотканной изъ матеріальныхъ атомовъ, могутъ измѣнять въ молекулахъ группировку такихъ третичныхъ тѣлъ, атомовъ. Но химическіе процессы ясно показываютъ, что теплота, увеличивая размѣры орбитъ молекулъ, движущихся вокругъ ихъ средняго положенія, дѣйствуетъ въ томъ же смыслѣ и на время обращенія спутниковъ ихъ — атомовъ. Теплота ослабляетъ связанность атомовъ въ молекулахъ, и такимъ образомъ, распаденіе химическихъ соединеній, то есть перегруппировка атомовъ, становится дѣломъ болѣе легкимъ.



Туманность Мессье въ созвѣздіи Рыбъ. Сфотографирована Исаакомъ Робертсомъ. Изъ „Мірозданія", В. Мейера. См. текстъ, стр. 156

Повидимому, даже самыя отступленія отъ общаго положенія, какія замѣчаются по отношенію къ атомнымъ теплотамъ, служатъ лишь подтвержденіемъ закона. Въ самомъ дѣлѣ, по новѣйшимъ изслѣдованіямъ, оказывается, что разница между атомными теплотами различныхъ газовъ мало-по-малу исчезаетъ по мѣрѣ того, какъ понижается ихъ температура, потому что при этомъ, какъ мы знаемъ должны ослабѣть тѣ междумолекулярныя дѣйствія, которыми, по нашимъ воззрѣніямъ, эта разница обусловливается. Наконецъ, углеродъ, выкристаллизовавшійся въ алмазъ, навѣрное, при совершенно исключительныхъ температурѣ и давленіи, при сильномъ нагрѣваніи даетъ увеличеніе атомной теплоты, — она приближается къ той средней величинѣ, которая вычислена по даннымъ, относящимся къ другимъ твердымъ элементамъ. Атомная теплота углерода при 0° равна 1,76, при 1000° уже 5,3; нормальная же величина ея, какъ мы нашли выше, равна 6,26. То же самое можно сказать и про боръ.

Къ вліяніямъ, нарушающимъ законъ Дюлонга и Пти, надо отнести также и взаимное притяженіе молекулъ. По развитой нами выше гипотезѣ, между атомами, составляющими массу молекулы, носятся еще многочисленные рои меньшихъ первичныхъ атомовъ, производящихъ всеобщее притяженіе. Можно допустить, что молекулы въ газахъ настолько удалены другъ отъ друга, что взаимное притяженіе ихъ становится незамѣтнымъ или, какъ мы скажемъ, чтобы остаться вѣрными нашему кинетическому толкованію явленій, что онѣ не производятъ сколько-нибудь замѣтнаго ослабленія тяготѣнія, что онѣ на потоки эѳирныхъ атомовъ тѣней, такъ сказать, отзывающихся на тяготѣніи, не отбрасываютъ. Въ



Туманность Мессье въ созвѣздіи Рыбъ. Сфотографирована Исаакомъ Робертсомъ. Изъ „Мірозданія“, В. Мейера. См. текстъ, стр. 156.

жидкостяхъ мы ясно видимъ, что молекулярное притяженіе уже вступаетъ въ свои права, а въ твердыхъ тѣлахъ оно пріобрѣтаетъ силу, почти непреодолимую. Взаимодѣйствія между этой силой и теплотой и обусловливаютъ переходъ тѣлъ изъ одного изъ трехъ аггрегатныхъ состояній въ другое.

Однимъ пониженіемъ температуры вызвать сжатія газа нельзя. Пониженіе температуры лишь уменьшаетъ размѣры колебаній молекулъ. Если бы газъ находился въ міровомъ пространствѣ, то, несмотря на низкую температуру этого пространства, онъ оставался бы неизмѣнно въ состояніи высокаго разрѣженія: подтвержденіемъ этому служатъ безчисленныя туманности, разсѣянныя по небу, которыя состоятъ изъ извѣстныхъ намъ газовъ, находящихся тамъ въ состояніи чрезвычайно разрѣженномъ (см. рис. на стр. 155).

Медленное сжатіе такихъ газовыхъ массъ, наблюдаемое въ ходѣ мірообразованія, зависитъ не отъ уменьшенія тепла, а отъ внутренняго притяженія массъ. Въ этомъ случаѣ сгущеніе становится источникомъ тепла. Мы еще будемъ имѣть случай объ этомъ говорить.

Когда газъ сгущается подъ вліяніемъ одного охлажденія на земной поверхности, то это происходитъ только благодаря тяготѣющему надъ нимъ давленію нашей атмосферы, которое сближаетъ молекулы газа настолько, насколько это позволяютъ ихъ тепловыя движенія. Наконецъ, молекулы достаточно приблизились другъ къ другу и могутъ уже начать взаимно притягиваться; теплота и тяготѣніе соперничаютъ тутъ до тѣхъ поръ, пока не наступитъ извѣстнаго рода равновѣсіе. Мы знаемъ, что притягательная сила возрастаетъ обратно пропорціонально квадратамъ разстояній между притягивающимися тѣлами, а потому намъ понятна сравнительно большая быстрота, съ какой совершается переходъ изъ одного аггрегатнаго состоянія въ другое; мы видимъ также, что переходъ этотъ долженъ зависѣть отъ внѣшняго давленія, но въ міровомъ пространствѣ, внѣ нашей атмосферы, это давленіе получается лишь тогда, когда благодаря космическимъ размѣрамъ имѣющихся тамъ массъ, внутреннее притяженіе преодолѣваетъ силу, обусловленную теплотой.

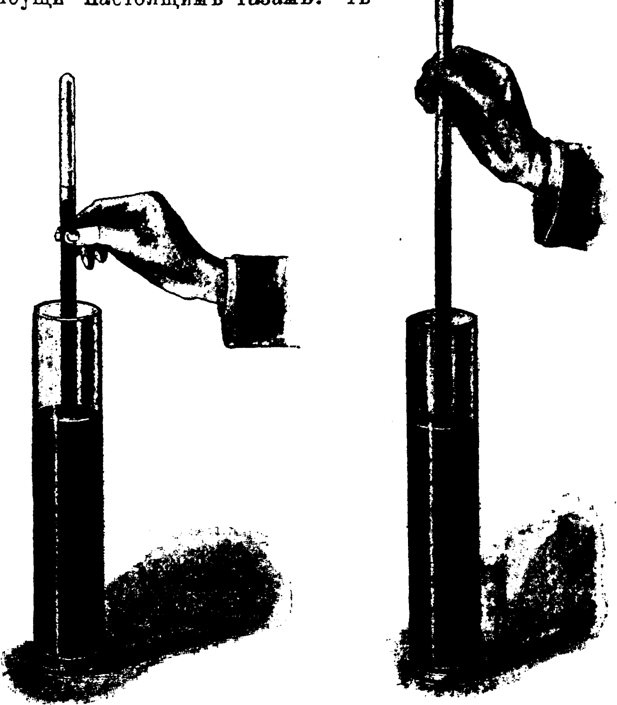
e) Температура и аггрегатныя состоянія.

Переходъ въ высшее болѣе свободное аггрегатное состояніе, напримѣръ, жидкости въ газъ совершается при каждой температурѣ вплоть до извѣстнаго максимальнаго давленія. Вода подъ нормальнымъ давленіемъ начинаетъ кипѣть лишь при 100°, но медленно испаряется она уже при значительно болѣе низкихъ температурахъ; ледъ и тотъ испаряется, то есть переходитъ изъ твердаго состоянія прямо въ газообразное, минуя по пути состояніе жидкое. Даже твердые металлы испаряются въ незначительной степени при обыкновенной температурѣ; они имѣютъ свой запахъ, а это показываетъ, что частички ихъ попадаютъ въ нашъ органъ обонянія. На этотъ процессъ мы смотримъ, какъ на явленіе диффузіонное (см. стр. 106).

Чтобы изучить процессъ испаренія жидкостей при разныхъ условіяхъ, мы поставимъ слѣдущій опытъ. Въ трубку, длина которой больше 760 мм. (въ барометрическую трубку), вливаемъ немного воды, потомъ ртути; опустивъ ее въ сосудъ, наполненный той же металлической жидкостью, получимъ барометръ. При этомъ мы замѣтимъ, что ртуть въ немъ стоитъ ниже уровня вѣрнаго барометра, а именно, при температурѣ 20°, ниже на 17,4 мм. Разница эта объясняется тѣмъ, что вода, находившаяся въ трубкѣ, обратилась въ водяной паръ, и что этотъ паръ заполняетъ теперь „торичелліеву пустоту“. Если приподнять трубку надъ ртутью еще немного (см. рисунокъ на стр. 157), то количество воды, находящейся между ртутнымъ столбомъ и водянымъ паромъ, уменьшится, но высота ртути въ трубкѣ, уравновѣшивающей направленное на нее изнутри давленіе водяного пара, не уменьшится и не увеличится. Такимъ образомъ измѣняется лишь количество водяного пара, давленіе же его не измѣняется. Про водяной паръ, находящійся въ такихъ условіяхъ, говорятъ, что онъ въ состояніи насыщенія. Если искусственно увеличить давленіе и такимъ образомъ попытаться сжать водяной

паръ, то, вмѣсто этого сжатія мы достигнемъ сгущенія соотвѣтственнаго количества водяного пара, новаго превращенія его въ воду, а плотность оставшагося водяного пара будетъ прежняя. Если же повысить температуру этого насыщеннаго пара, а, стало быть, вмѣстѣ съ тѣмъ косвенно и его давленіе, то ртутный столбъ падаетъ. Итакъ въ этомъ случаѣ водяной паръ не сгущается; теперь онъ занимаетъ больше мѣста, чѣмъ прежде. Если приподнять трубку теперь, то при этомъ испарится столько воды, что, несмотря на увеличеніе объема, давленіе насыщеннаго пара зависитъ исключительно отъ температуры, а потому такой паръ обладаетъ, стало быть, свойствами, отличными отъ тѣхъ, которыя присущи настоящимъ газамъ: тѣ газы при повышеніи температуры расширяются, измѣняютъ свой объемъ.

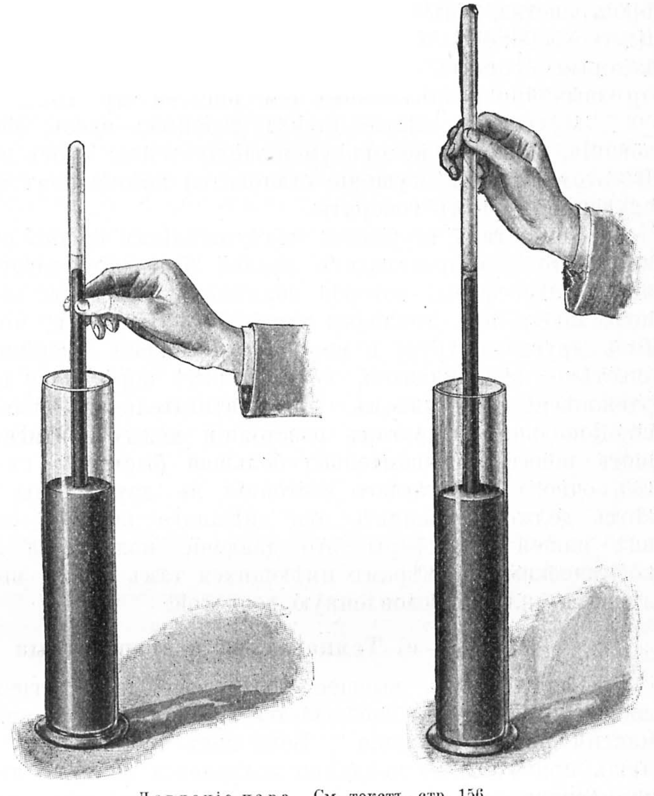
Но такое измѣненіе объема пара начнется съ того момента, какъ превратятся въ паръ послѣдніе остатки воды въ трубкѣ, чѣмъ бы ни было вызвано это превращеніе: увеличеніемъ ли размѣровъ пространства, въ которомъ до сихъ поръ насыщенный паръ могъ распространяться, или повышеніемъ температуры. Такой паръ называютъ поэтому **перегрѣтымъ**. Въ этомъ состояніи онъ можетъ принять какой угодно объемъ, нагрѣться до какой угодно температуры, необходимо только, чтобы не повысилось его давленіе по сравненію съ тѣмъ, какое онъ имѣлъ, будучи въ состояніи насыщенія, потому что иначе наступитъ его сжиженіе. Перегрѣтый паръ слѣдуетъ закону Гей-Люссака (см. стр. 148), согласно которому давленіе и объемъ зависятъ отъ температуры. Такъ какъ этому закону подчиняются газы, носившіе прежде названіе постоянныхъ, то давно уже высказывалось предположеніе, что газы эти не что иное, какъ сильно перегрѣтые пары; современная техника эксперимента дала возможность убѣдиться въ правильности этого взгляда: газы этипри очень низкихъ температурахъ обращаются въ жидкости.



Давленіе пара. См. текстъ, стр. 156.

Изъ предыдущаго слѣдуетъ, что максимальнымъ давленіемъ при опредѣленной температурѣ паръ обладаетъ, когда онъ находится въ состояніи насыщенія. Давленіе это носитъ названіе *упругости пара*. Величину упругости для водяного пара при температурѣ въ 20^0 мы уже нашли; она равна 17,4; упругости паровъ другихъ веществъ при другихъ температурахъ сведены въ слѣдующей таблицѣ.

Температура.	Водяной паръ.	Пары эфира	Пары ртути.	Температура.	Водяной паръ.	Пары эфира.	Пары ртути.
— 20	0,9 мм.	67,5 мм.	— мм.	120	1491,3 —	7702,2 —	0,78 —
0	4,5 —	183,3 —	0,01 —	160	4651,6 —	—	4,38 —
+ 20	17,4 —	433,3 —	0,02 —	200	11689,0 —	—	18,25 —
40	54,9 —	909,6 —	0,03 —	300	—	—	242,15 —
60	148,7 —	1728,5 —	0,05 —	400	—	—	1587,96 —
80	354,3 —	3024,4 —	0,10 —	500	—	—	6520,25 —
100	760,0 —	4950,8 —	0,21 —				



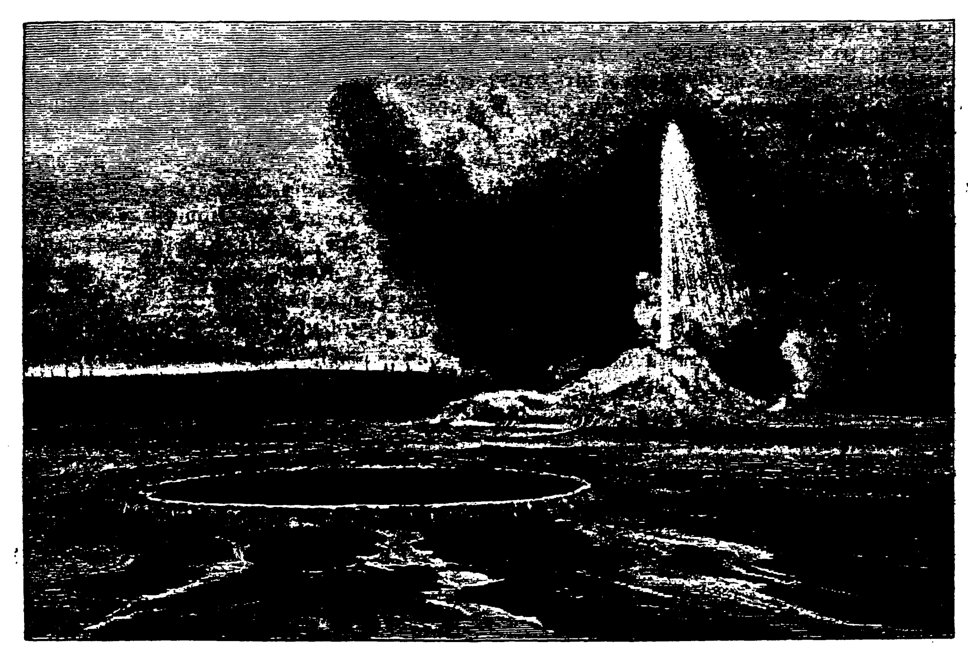
Давленіе пара. См. текстъ, стр. 156.

Изъ этихъ чиселъ мы видимъ, съ какой быстротой возрастаютъ упругости при увеличеніи температуры, и въ то же время заключаемъ, что при одной и той же температурѣ упругости тѣлъ, удѣльно болѣе легкихъ, больше упругостей веществъ, имѣющихъ по сравненію съ ними большій удѣльный вѣсъ. Эти числа выражаютъ собой высоту ртутнаго барометрическаго столба, уравновѣшивающаго при соотвѣтственной температурѣ упругость находящагося въ трубкѣ насыщающаго пространство пара. Парообразованіе наступить еще не можетъ; но при такомъ давленіи молекулярное тепловое движеніе начинаетъ отрывать другъ отъ друга молекулы; въ тѣлахъ жидкихъ онѣ нанизаны, какъ звенья цѣпи, одна на другую, онѣ связаны прочнѣе чѣмъ въ газахъ, но теперь получаютъ такія скорости и начинаютъ двигаться по такимъ орбитамъ, какія имѣли бы свободныя молекулы газовъ. Такъ какъ внутри жидкости, находящейся прямо подъ давленіемъ атмосферы, это давленіе распространяется одинаково повсюду, то паръ можетъ начать образовываться въ ней лишь тогда, когда упругость его будетъ равна, по меньшей мѣрѣ, атмосферному давленію и когда она начнетъ его превосходить. Вода закипаетъ при температурѣ, для которой упругость паровъ ея равна атмосферному давленію. Такъ что при нормальномъ давленіи въ 760 мм., т. е. въ одну атмосферу, температура кипѣнія будетъ 100°. При давленіи въ 2 атмосферы вода закипаетъ, какъ это видно изъ приведенной нами таблицы, лишь при 120°; напротивъ того, на высокихъ горахъ, гдѣ давленіе воздуха значительно слабѣе, она закипаетъ при температурахъ ниже 100°, на вершинѣ Юнгфрау, напримѣръ, приблизительно при 85°. Разницѣ между температурами кипѣнія (точками кипѣнія) въ 1° соотвѣтствуетъ пониженіе барометра на 16 мм. или подъемъ вверхъ на 270 м. Обыкновеннымъ термометромъ можно опредѣлить точку кипѣнія съ точностью, по крайней мѣрѣ, до полуградуса, а, стало быть, и подъемъ вверхъ надъ уровнемъ моря въ 100—150 метровъ (въ круглыхъ числахъ). Путешественники для контроля своихъ барометровъ пользуются также этимъ пріемомъ измѣренія высотъ.

Въ странноприимныхъ альпійскихъ хижинахъ, устраиваемыхъ, по большей части, на высотѣ 2500—3000 м., вода закипаетъ приблизительно при 90°. Слѣдовательно, тамъ на кухнѣ выходитъ топлива приблизительно на десятую долю меньше, чѣмъ въ долинахъ.

Повышеніемъ точки кипѣнія подъ вліяніемъ усилившагося давленія объясняется происхожденіе величественнаго явленія—гейзеровъ (см. рисунокъ на стр. 159), которые долгое время считались однимъ изъ наиболѣе загадочныхъ чудесъ природы. Въ Скалистыхъ горахъ, въ Америкѣ, есть много такихъ гейзеровъ; они стремительно выбрасываютъ въ воздухъ черезъ опредѣленные промежутки времени, колеблющіеся между долями минуты и цѣлыми часами, фонтаномъ огромныя количества кипящей воды, часто на высоту до 100 м; дѣйствіе гейзера продолжается нѣкоторое время, у гейзера Ольдъ Фэсфуллъ почти ровно 5 минутъ, и затѣмъ все также внезапно приходитъ въ покой. Подъ землей гейзеръ представляетъ изъ себя воронкообразный, суживающійся книзу бассейнъ, наполненный горячей водой, который идетъ въ глубь на манеръ отвѣснаго родниковаго хода. Не въ очень далекую отъ насъ геологическую эпоху область скалистыхъ горъ была мѣстомъ исключительной по силѣ вулканической дѣятельности, и эти глубокія отверстія представляютъ изъ себя вѣроятно кратеры нѣкогда дѣйствовавшихъ тутъ вулкановъ. Всю страну покрываютъ мощные, внутри еще горячіе, потоки лавы, и оттуда-то и бьютъ повсюду горячіе ключи. Эта горячая вода накопляется въ старыхъ водахъ вулкана и, наконецъ, заполняетъ ихъ до верху. Если высота ихъ больше 10,3 м., то есть высоты водяного барометра, то на этой глубинѣ вода испытываетъ давленіе болѣе, чѣмъ въ 2 атмосферы, такъ какъ надъ ней находится, кромѣ этого столба воды, еще и воздушный столбъ—атмосфера. Если оставить въ сторонѣ высоту, на которой лежатъ гейзеры Іеллоустонскаго парка, то изъ нашей таблицы упругостей паровъ мы найдемъ, что вода въ каналѣ гейзера на глубинѣ 10 м. должна закипать лишь при 120°. Послѣ изверженія, вода, охладившись во всей своей массѣ, находится при температурѣ ниже точки кипѣ-

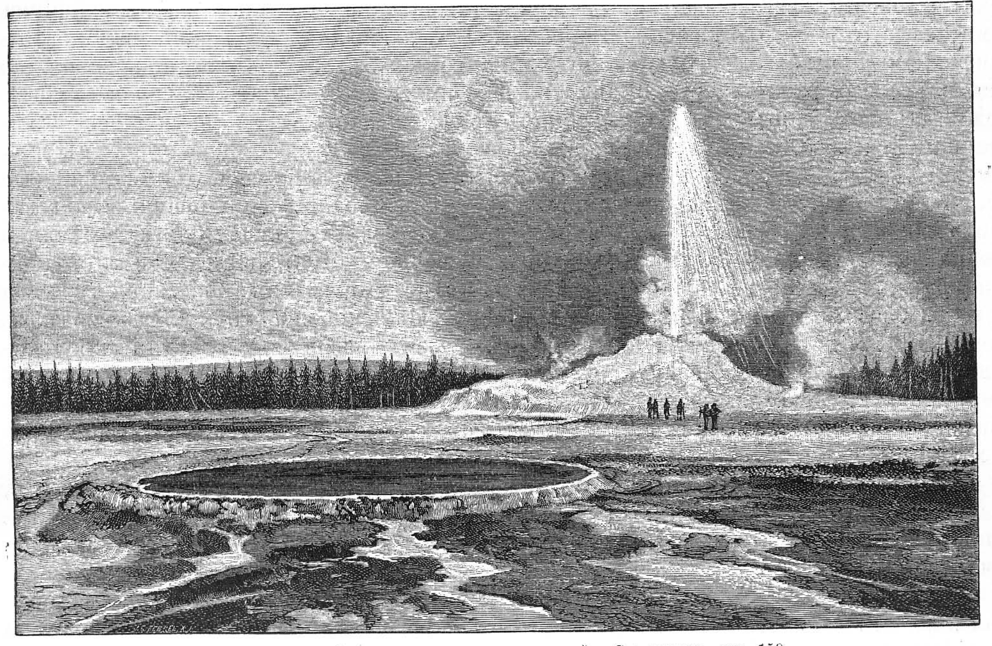
нія, и та часть ея, которая не испарилась и не разлетѣлась брызгами, снова уходитъ черезъ воронку въ жерло. Изъ глубины непрерывно притекаетъ вновь горячая вода; нагрѣваютъ воду въ каналѣ и находящіеся вокругъ раскаленные шлаки. Нагрѣваніе это идетъ снизу вверхъ. Наверху вода могла бы закипѣть скорѣе, чѣмъ внизу, но она тутъ сильно охлаждается, и потому лишь на извѣстной, вполнѣ опредѣленной глубинѣ и черезъ извѣстный вполнѣ опредѣленный промежутокъ времени съ момента послѣдняго изверженія (что обусловливается постоянствомъ притока теплоты) можетъ установиться соотвѣтствующая этой глубинѣ температура кипѣнія. Образующійся паръ толкаетъ вверхъ находящійся надъ нимъ водяной столбъ, и изверженіе начинается. Благодаря этому,



Гейзеръ въ Іеллоустонскомъ паркѣ. См. текстъ, стр. 159.

вода, которая находится здѣсь, на глубинѣ освобождается отъ давившаго на нее, а теперь выброшеннаго водяного столба и тотчасъ же закипаетъ. Чѣмъ больше выброшено воды, тѣмъ дальше въ глубь подвигается этотъ процессъ кипѣнія; онъ продолжается до тѣхъ поръ, пока не дойдетъ до воды, остающейся на днѣ канала; послѣ этого изверженіе сразу прекращается, такъ какъ теперь охладившаяся на воздухѣ вода начинаетъ втекать обратно. Если это объясненіе явленій, наблюдаемыхъ въ гейзерахъ, правильно, то частота изверженій, какъ во всякомъ другомъ случаѣ кипѣнія, должна зависѣть отъ барометрическаго давленія: если барометръ стоитъ низко, изверженія должны повторяться чаще, что и подтверждается наблюденіемъ.

Въ связи съ обсуждаемыми нами молекулярными процессами стоитъ одинъ интересный фактъ дѣятельности гейзеровъ, въ достовѣрности котораго долго сомнѣвались. Какъ то разъ въ одинъ изъ гейзеровъ упалъ кусокъ мыла, и тотчасъ же началось его изверженіе, несмотря на то, что до срока было еще далеко. Сколько разъ этотъ опытъ ни повторяли, результатъ былъ тотъ же. Въ первую минуту мы должны бы очень удивиться: въ самомъ дѣлѣ, такая маловажная примѣсь является вдругъ причиной столь величественнаго явленія. Изъ того, что было сказано раньше мы уже знаемъ, что до изверженія двѣ силы природы,—сила тяжести (давленіе атмосферное и давленіе воды) и теплота (упругость пара),—находятся въ гейзерахъ въ неустойчивомъ равновѣсіи, какъ стержень на остріи ножа, и незна-



Гейзеръ въ Іеллоустонскомъ паркѣ. См. текстъ, стр. 159.

чительнаго перевѣса въ сторону упругости достаточно, чтобы изверженіе началось. Мыло въ водѣ растворяется, часть его обращается въ пѣну, вслѣдствіе чего удѣльный вѣсъ жидкости въ этомъ мѣстѣ уменьшается. Точка кипѣнія поэтому переносится по каналу въ мѣсто, лежащее выше; вода начинаетъ кипѣть теперь здѣсь раньше, чѣмъ тогда, когда никакой примѣси не было, и кипѣніе, разъ оно началось, въ силу непрерывнаго уменьшенія давленія будетъ продолжаться до тѣхъ поръ пока не будетъ выброшена вся вода.

Такіе процессы, въ которыхъ, повидимому, совершенно незамѣтная сила даетъ толчокъ могучимъ дѣйствіямъ, встрѣчаются въ природѣ весьма часто; такъ, напримѣръ, отъ искры взрываются взрывчатыя вещества. Во всѣхъ этихъ случаяхъ мы имѣемъ дѣло съ неустойчивымъ равновѣсіемъ двухъ или большаго числа силъ.

Въ связи съ вышеописанными процессами стоитъ своеобразное явленіе, такъ называемаго перегрѣванія. Если изъ воды, которая уже разъ прокипячена, устранить возможно тщательнѣе имѣющійся въ ней воздухъ и если очистить ее отъ всякихъ механическихъ примѣсей, то ее можно нагрѣвать при нормальномъ давленіи значительно выше 100⁰, а кипѣніе, тѣмъ не менѣе, не начнется. При особенной осторожности можно довести температуру такой перегрѣтой воды до 150⁰. Въ какой мѣрѣ удастся выполнить это перегрѣваніе, повидимому, зависитъ отъ неподдающихся нашему разсчету обстоятельствъ. Парообразованіе начинается сразу во всей перегрѣтой массѣ и протекаетъ весьма бурно, температура же оставшейся воды быстро падаетъ до 100⁰, обнявъ другъ друга, борятся обѣ стороны, участвующія въ этомъ явленіи, до тѣхъ поръ пока одна изъ нихъ не уступитъ другой. Самый ничтожный поводъ можетъ свести перевѣсъ одной изъ нихъ къ нулю. Достаточно въ такую перегрѣтую воду погрузить какое-нибудь небольшое твердое тѣло, наприм., кусочекъ проволоки, къ которой всегда пристаетъ тонкій слой воздуха, и тотчасъ же начинается парообразованіе.

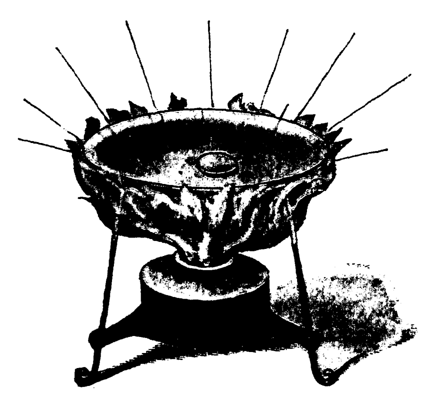
Родственное этому явленію. явленіе Лейденфроста (см. рис. на стр. 161), состоитъ въ слѣдующемъ. Мы можемъ лить по каплямъ воду на раскаленную докрасна металлическую чашку, и вода не будетъ закипать. Если на раскаленную поверхность попадаетъ лишь одна капля, она начинаетъ быстро по ней двигаться и обращается въ паръ очень медленно. Если удается влить въ чашку воды больше, чѣмъ каплю, то эта вода принимаетъ округленную форму, на подобіе ртути. Кипѣніе начнется лишь тогда, когда чашка охладится, и при этомъ такъ внезапно, что вода разлетится во всѣ стороны какъ взрывчатое вещество. Взрывъ котловъ очень часто происходитъ по причинѣ именно этого явленія. Если въ котлѣ имѣется воды такъ мало, что часть огневой поверхности стѣнокъ остается надъ водою, то она можетъ раскалиться и вызвать Лейденфростово явленіе. Вода въ котлѣ бываетъ тогда отдѣлена отъ его раскаленныхъ стѣнокъ слоемъ пара, который обладаетъ при этомъ значительною упругостью. Тѣми же условіями парообразованія объясняется поразительный фактъ, состоящій въ томъ, что мы можемъ на мгновеніе погрузить влажную руку въ раскаленное расплавленное желѣзо, не боясь ее сжечь; рабочіе на плавильныхъ заводахъ постоянно приводятъ этимъ зрителей въ удивленіе.

Мы видѣли, что уменьшеніе давленія ускоряетъ кипѣніе, а потому мы въ правѣ думать, что усиленіе давленія, произведенное въ достаточной мѣрѣ, должно обратить всякій паръ и всякій газъ въ жидкость. На дѣлѣ оказывается не то; при произвольной температурѣ вовсе не всегда удается обратить въ жидкость газообразное тѣло, хотя бы мы подвергали его очень и очень сильнымъ давленіямъ.

Если водяной паръ нагрѣтъ выше 370⁰, то ни однимъ изъ доступныхъ намъ давленій нельзя перевести его въ воду; для ожиженія водяного пара при этой температурѣ, необходимо подвергнуть его давленію въ 195 атмосферъ. Начиная съ этой такъ называемой критической температуры, тепло, какъ сила, присущая молекуламъ того или другого вещества (если такъ именовать энергію молекулярныхъ движеній), при всѣхъ условіяхъ будетъ больше тѣхъ постоянныхъ силъ, которыя дѣйствуютъ на тѣ же молекулы и которыя мы

отождествляли въ свое время съ силой тяжести. Давленіе, соответствующее этой критической температурѣ, въ свою очередь получаетъ названіе **давленія критическаго**.

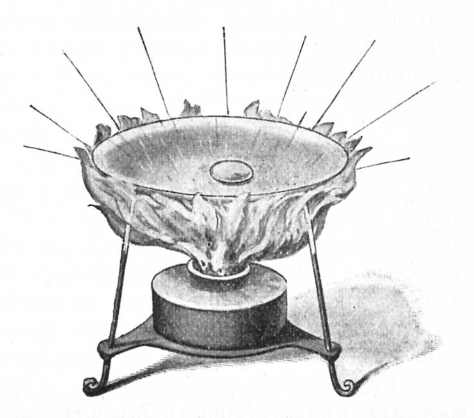
Разныя вещества имѣютъ и разныя, другъ отъ друга очень отличающіяся, критическія температуры, такъ какъ тепловыя явленія зависятъ отъ величины и сочетаній молекулъ. Въ газахъ, которые прежде именовались постоянными, упругость настолько выше противоположныхъ ей по дѣйствію молекулярныхъ силъ, что необходимы необычайно низкія температуры, чтобы ослабить ее настолько, чтобы сгущеніе этихъ газовъ могло начаться. Критическая температура кислорода равна — 113°, и даже при столь низкой температурѣ для ожиженія его требуется давленіе въ 50 атмосферъ. При обычномъ атмосферномъ давленіи для этой цѣли необходимо охладить кислородъ до — 181°; эта температура и есть нормальная точка его кипѣнія. Критическая температура водорода равна даже — 230°; температура, при которой ожиженіе водорода происходитъ подъ нормальнымъ давленіемъ, равна 252,5°. Какъ видно, она очень близка къ абсолютному нулю.



Явленіе Лейденфроста. См. текстъ, стр. 160

Изъ сказаннаго ясно, почему еще въ сравнительно недавнее время, при примѣненіи очень высокихъ давленій безъ примѣненія въ то же время очень низкихъ температуръ, не удавалось перевести цѣлаго ряда газовъ въ жидкое аггрегатное состояніе. Какимъ путемъ получены были такія низкія температуры, представляетъ для насъ и теоретическій интересъ. Съ этой цѣлью мы должны разсмотрѣть процессы, происходящіе при кипѣніи жидкостей, еще подробнѣе. Если водѣ сообщаетъ свое тепло равномѣрно идущій тепловой потокъ, что мы имѣемъ въ случаѣ урегулированной топки, то мы знаемъ, что температура воды равномѣрно повышается. Но это повышеніе прекращается съ того момента, какъ термометръ покажетъ, что жидкость достигла температуры кипѣнія. Насъ это и не удивитъ, потому что при нормальномъ давленіи вода и не можетъ быть нагрѣта выше точки кипѣнія (кромѣ, конечно, описаннаго выше случая перегрѣванія); она тотчасъ же переходитъ въ паръ. Но если помѣстить термометръ въ подымающійся паръ, то показанія его вверхъ итти не будутъ, несмотря на то, что непрерывно поддерживаемая топка будетъ сообщать какъ водѣ, такъ и пару все новыя и новыя количества тепла. Ртуть въ термометрѣ начнетъ подыматься лишь тогда, когда испарится вся вода. Если нашъ источникъ тепла сообщаетъ 1 литру воды въ одну минуту 10000 калорій, то есть 10 калорій одному грамму, вся вода испарится лишь спустя 54 минуты послѣ того, какъ достигнетъ точки кипѣнія; въ теченіе всего этого времени термометръ будетъ стоять неизмѣнно на 100°, хотя каждому грамму и было сообщено за этотъ промежутокъ времени 54×10 калорій. Это тепло, эта такъ называемая теплота испаренія, которая для воды равна 537 кал., исчезнуть не можетъ. Она лишь становится, какъ говорятъ, **скрытой**, **связанной**; проводя всюду свои воззрѣнія, мы неохотно пользуемся этими выраженіями, потому что приходится дѣлать разницу между такой скрытой силой и другими живыми, движущимися передъ нашими глазами, силами. Въ дѣйствительности же при переходѣ силы въ скрытое состояніе мы имѣемъ дѣло лишь съ переходомъ одной формы движенія матеріи въ другую форму, которой мы не видимъ и которую въ силу этого, согласно представленіямъ старой школы ученыхъ, считаютъ связанной, задержанной; все равно какъ мы связываемъ силу пружины, пригнувъ ее и удержавъ ее въ этомъ положеніи.

При испареніи молекулярныя движенія переходятъ дѣйствительно въ другія формы. Молекулы освобождаются отъ путъ взаимнаго притяженія; при переходѣ



Явленіе Лейденфроста. См. текстъ, стр. 160

въ газообразную форму, при расширеніи, орбиты ихъ получаютъ значительно большіе размѣры. Если же, несмотря на это увеличеніе орбитъ, молекулы должны двигаться по нимъ съ прежней скоростью, то есть сохранить свою прежнюю температуру, то сила ихъ, или выражаясь языкомъ техническимъ, ихъ кинетическая энергія должна возрасти: такой добавочной силой и будетъ теплота испаренія. Скрытая теплота различныхъ веществъ весьма неодинакова.

Мы уже знаемъ, что жидкія тѣла переходятъ въ парообразную форму, испаряются, уже при температурахъ, которыя лежатъ значительно ниже точки кипѣнія. При этомъ молекулы ихъ также пріобрѣтаютъ способность описывать бо̀льшія орбиты, какъ того требуетъ парообразная форма. Необходимую для этого силу онѣ могутъ извлекать только изъ тѣлъ, находящихся по сосѣдству вокругъ нихъ: онѣ извлекаютъ изъ нихъ теплоту. Вслѣдствіе испаренія получается охлажденіе, которое особенно замѣтно выступаетъ въ тѣлахъ, обладающихъ большой упругостью, какъ, напримѣръ, въ эѳирѣ. Всѣ знаютъ, что испаряющійся на рукѣ эѳиръ или алкоголь производитъ ощущеніе довольно сильнаго холода. Испареніе пота у насъ на кожѣ производитъ ея охлажденіе, и, благодаря этому, мы въ состояніи переносить большую жару. Если же воздухъ насыщенъ влагой, испареніе прекращается, и высокая температура воздуха причиняетъ намъ уже весьма тягостное ощущеніе. Испареніе воды на поверхности океана и обращеніе ея вновь въ жидкое состояніе, вызванное измѣненіями давленія или температуры, являются причиной могучаго круговорота метеорологическихъ явленій, которыя, въ свою очередь, оказываютъ весьма существенное вліяніе на ростъ всего органическаго міра нашей планеты и на видъ ея поверхности и ея измѣненій въ теченіи геологической эпохи.

Тѣла связываютъ теплоту не только при испареніи, когда они расширяются произвольно, но и тогда когда такое расширеніе производятъ искусственно; наоборотъ, при сжатіи они тепло выдѣляютъ. Велосипедисты прекрасно знаютъ, что при накачиваніи воздуха, насосъ нагрѣвается, — это объясняется сжатіемъ воздуха. Точно такое же объясненіе мы можемъ дать происхожденію тепла при ударѣ или треніи твердыхъ тѣлъ. Молекулы, получившія толчекъ или испытывающія треніе, производимое искусственнымъ путемъ, пріобрѣтаютъ бо̀льшую скорость, а это равносильно повышенію температуры. Въ этомъ случаѣ мы, стало быть, работу превращаемъ въ теплоту.

Если сжать газъ, который находится при температурѣ окружающей среды, и затѣмъ сдѣлать такъ, чтобы онъ могъ отдать въ окружающее его пространство ту теплоту, которую онъ при сжатіи получилъ и затѣмъ снова расшириться, то онъ потеряетъ теперь какъ разъ столько тепла, сколько онъ получилъ прежде, благодаря увеличенію давленія; въ результатѣ онъ ровно настолько же охладится по сравненію съ окружающей средой. На этомъ принципѣ основаны охладительныя машины.

Наиболѣе совершенная изъ нихъ — машина Линде, въ которой ожиженіе атмосфернаго воздуха достигается при давленіяхъ ниже нормальнаго. Мы можемъ описать здѣсь остроумное устройство ея лишь въ самыхъ общихъ чертахъ (см. рисунокъ на стр. 164).

Сперва воздухъ сжимаютъ приблизительно до 50 атмосферъ и получающуюся при этомъ теплоту устраняютъ при помощи холодильника K, черезъ который проходитъ труба R, проводящая сжатый воздухъ; труба эта окружена льдомъ или такъ называемой охладительной смѣсью, о которой мы еще потомъ будемъ говорить. Когда сжатый воздухъ пріобрѣтетъ температуру холодильника, открываютъ кранъ V и производятъ такимъ образомъ внезапно расширеніе этого воздуха, благодаря чему его температура станетъ значительно ниже температуры холодильника. Холодный воздухъ этотъ направляютъ теперь обратно такъ, чтобы онъ шелъ вокругъ трубы R по муфтѣ G; заключающійся въ трубѣ сжатый воздухъ охлаждается гораздо сильнѣе, чѣмъ это могло бы быть, еслибъ охлажденіе производилось однимъ холодильникомъ. Если теперь этотъ воздухъ выпустить, то онъ охладится, какъ тотъ воздушный потокъ, который идетъ по муфтѣ.

Сжатый воздухъ охладится еще больше, и такъ будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока мы не получимъ потребной для сгущенія температуры, которая при атмосферномъ давленіи равна — 191⁰. Теперь при послѣднемъ выходѣ наружу, воздухъ льется безцвѣтной жидкостью въ пріемникъ, изъ котораго его можно перелить, въ виду того что здѣсь давленіе нормально, въ любой сосудъ, какъ воду.

Воздухъ состоитъ, какъ извѣстно, изъ смѣси кислорода и азота. Азотъ кипитъ при — 193⁰, кислородъ же уже при — 181⁰. Если охлажденный приблизительно до — 200⁰ жидкій воздухъ постепенно нагрѣвается подъ вліяніемъ окружающаго его воздуха, то первымъ начинаетъ кипѣть азотъ; жидкій воздухъ всегда, стало быть, богаче кислородомъ, и можно, наконецъ, сдѣлать такъ, что останется лишь одинъ жидкій кислородъ. Такъ какъ точки кипѣнія неодинаковы, то при этихъ температурахъ можно такимъ путемъ добиться отдѣленія другъ отъ друга составныхъ частей какой-либо смѣси, что во многихъ случаяхъ представляетъ весьма значительныя затрудненія. Въ одной изъ послѣдующихъ главъ мы увидимъ, что тѣ же явленія имѣютъ мѣсто и въ смѣсяхъ различныхъ веществъ въ предѣлахъ атомныхъ величинъ, въ химическихъ соединеніяхъ. Подвергая ихъ температурнымъ измѣненіямъ, можно произвести ихъ диссоціацію.

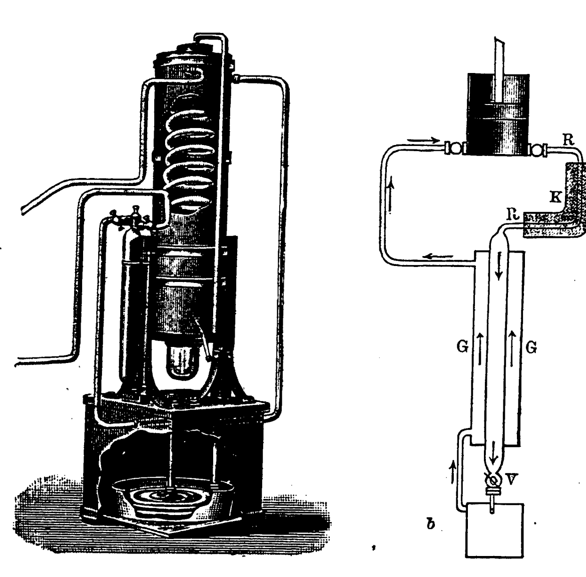
Впервые опыты надъ ожиженіемъ такъ называемыхъ постоянныхъ газовъ съ успѣхомъ произведены были почти одновременно и совершенно различными путями Кальете въ Парижѣ и Раулемъ Пикте въ Женевѣ (въ 1877 г.). Кальете воспользовался свойствомъ газовъ охлаждаться при расширеніи, тѣмъ самымъ свойствомъ, которое позже легло въ основу болѣе усовершенствованныхъ описанныхъ нами машинъ Линде. Парижскій же физикъ сжималъ воздухъ при помощи особаго пресса (обозначеннаго на нашемъ рисункѣ на стр. 165 буквой M) до 300 атмосферъ. Такъ какъ сжатіе велось при обыкновенной температурѣ, то несмотря на огромное давленіе воздухъ превратиться въ жидкость не могъ. Когда же этотъ сильно сжатый воздухъ охладился до температуры окружающей его среды, быстро открывали винтъ m, и тогда воздухъ могъ внезапно расшириться; при этомъ на стѣнкахъ трубки s осѣдали капли жидкаго воздуха и даже твердые кристаллы. Это былъ твердый, кристаллизованный воздухъ. Внезапнымъ расширеніемъ обусловливалось такое сильное охлажденіе, что часть воздуха, которая могла расшириться не сразу, переходила въ силу этого въ твердое состояніе. Впрочемъ, такимъ путемъ сгущать можно было лишь весьма незначительныя количества воздуха, который вскорѣ снова возвращался въ газообразное состояніе, и далѣе опыта съ нимъ вести было уже нельзя.

Приборъ Пикте значительно сложнѣе прибора Кальете, но зато съ помощью его можно получать значительно бо́льшія количества жидкаго кислорода; въ упрощенной формѣ онъ былъ очень распространенъ какъ машина для выдѣлки льда, и вытѣснила его лишь описанная выше машина Линде. Какъ и машина Линде, приборъ Пикте основывается на круговомъ процессѣ, который идетъ впередъ все дальше и дальше. Сгущаютъ сѣрнистую кислоту; давая ей вновь расшириться, получаютъ охлажденіе въ — 70⁰. Ею пользуются для охлажденія сжатой угольной кислоты, расширеніе которой сопровождается охлажденіемъ уже до — 130⁰.

Если сильно сгущенный, приготовленный химическимъ путемъ кислородъ подвергнуть дѣйствію такого охлажденія, то онъ превратится въ жидкость. Пользуясь водородомъ можно спуститься внизъ еще на нѣсколько ступеней. Мы видимъ отсюда насколько проще процессъ полученія холода, путемъ ожиженія кислорода, взятаго прямо изъ атмосфернаго воздуха, въ машинѣ Линде.

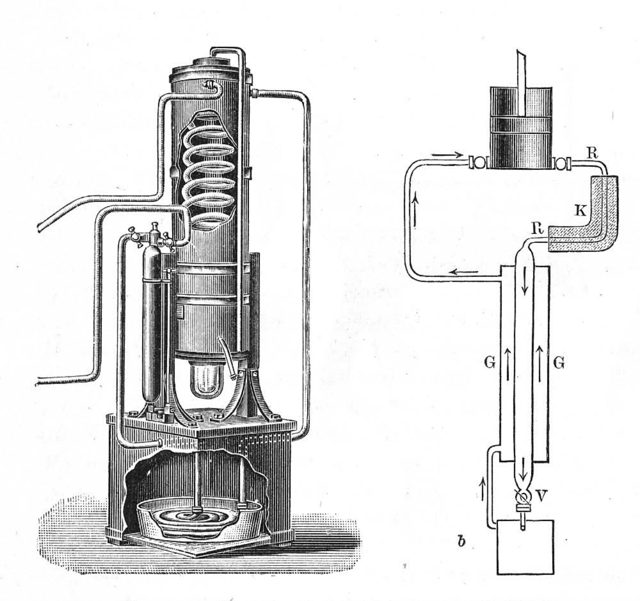
Въ этихъ охладительныхъ машинахъ газъ производитъ работу за счетъ тепла. Поэтому мы могли бы эти машины назвать обратными паровыми машинами. Въ паровой машинѣ, которую изобрѣлъ англичанинъ Джемсъ Уаттъ (см. портретъ на стр. 166), вода нагрѣвается въ котлѣ до кипѣнія. Паръ можетъ уноситься только по одной трубѣ, которую клапанъ то открываетъ, то закрываетъ; по этой трубѣ паръ переходитъ въ цилиндръ, въ которомъ движется

плотно пристающій къ стѣнкамъ его поршень. Расширеніе пара, его упругость, подымаютъ поршень вверхъ. Въ цилиндрѣ имѣется для пара также выводная труба, отпирая которую и одновременно закрывая трубу, черезъ которую паръ втекаетъ, можно перевести паръ давленіемъ на поршень въ резервуаръ, температура коего значительно ниже температуры котла. Здѣсь въ конденсаторѣ происходитъ отдача соотвѣтственной части теплоты испаренія; паръ здѣсь превращается снова въ воду, и поршень, благодаря этому сгущенію, опустится внизъ еще больше, дальше того мѣста, до котораго онъ былъ доведенъ внѣшнимъ давленіемъ, начавшимъ процессъ сгущенія. Запирая и отпирая трубы, по которымъ паръ притекаетъ и вытекаетъ, мы можемъ повторять этотъ процессъ сколько угодно разъ; воду, получившуюся въ конденсаторѣ, мы можемъ съ помощью насоса перевести снова въ котелъ и тамъ опять превратить въ паръ; такимъ образомъ у насъ получится полный круговоротъ. Если съ поршнемъ сочленить подвижной стержень, то, при поднятіи и опусканіи поршня, этотъ шатунъ можетъ привести во вращеніе колесо. Для практическихъ цѣлей такому колесу придаютъ характеръ маховаго колеса, благодаря значительному моменту его инерціи можно, пользуясь имъ при опусканіи внизъ поршня, направлять паръ въ конденсаторъ, а также придать работѣ машины необходимую равномѣрность. Отпираніе и запираніе трубъ, по которымъ паръ притекаетъ и уносится, въ первыхъ по времени паровыхъ машинахъ, производились отъ руки. Но легко видѣть, что машина можетъ быть устроена такъ, что эти запиранія и отпиранія будутъ выполняться собственной ея силой, которая будетъ приводить въ движеніе и насосъ, такимъ образомъ машина, будучи нагрѣта, начинаетъ работать дальше вполнѣ самостоятельно. Мы видѣли также, что въ центробѣжномъ маятникѣ есть приспособленіе (см. стр. 87), которое позволяетъ ограничивать притокъ пара желаемой степенью и удерживать его на ней при помощи опять-таки дѣйствія самой машины, такъ что машина безъ дальнѣйшаго присмотра будетъ производить обращенія маховаго колеса; надо только позаботиться о достаточномъ притокѣ тепла. Предохранительные клапаны предотвращаютъ опасность, угрожаемую машинѣ слишкомъ большими давленіями. Предохранительные клапаны — это отверстія, запирающіяся крышкой; на крышку кладутъ такой грузъ, чтобы паръ могъ отодвинуть ее лишь тогда, когда давленіе достигнетъ размѣровъ, угрожающихъ машинѣ опасностью; извѣстное количество пара при этомъ выйдетъ наружу. Приборы эти, имѣвшіе прежде весьма простое устройство, въ настоящее время достигли очень большой точности и совершенства. Такой аппаратъ изображенъ у насъ на стр. 88.



Машина Линде. b. схематическое изображеніе.
Изъ соч. Р. Блохмана: „Свѣтъ и теплота". См. текстъ, стр. 162.

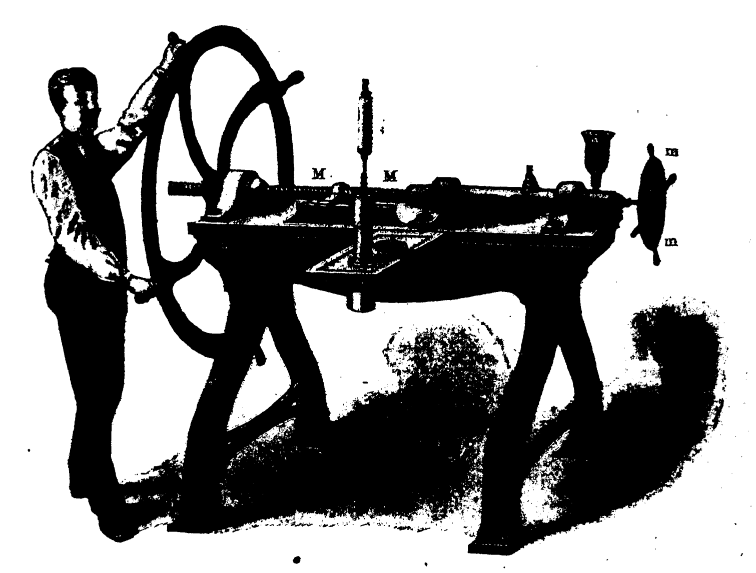
Изъ предыдущаго ясно, что сила паровой машины зависитъ отъ разности между количествомъ тепла, затрачиваемымъ въ котлѣ на образованіе пара и количествомъ тепла, поступающимъ въ конденсаторъ при сгущеніи пара въ воду. Если перевести это количество тепла (въ калоріяхъ), при помощи найденнаго нами механическаго эквивалента тепла, въ работу, то мы увидимъ, что дѣйстви-



Машина Линде. *b*. схематическое изображенiе.
Изъ соч. Р. Блохмана: „Свѣтъ и теплота“. См. текстъ, стр. 162.

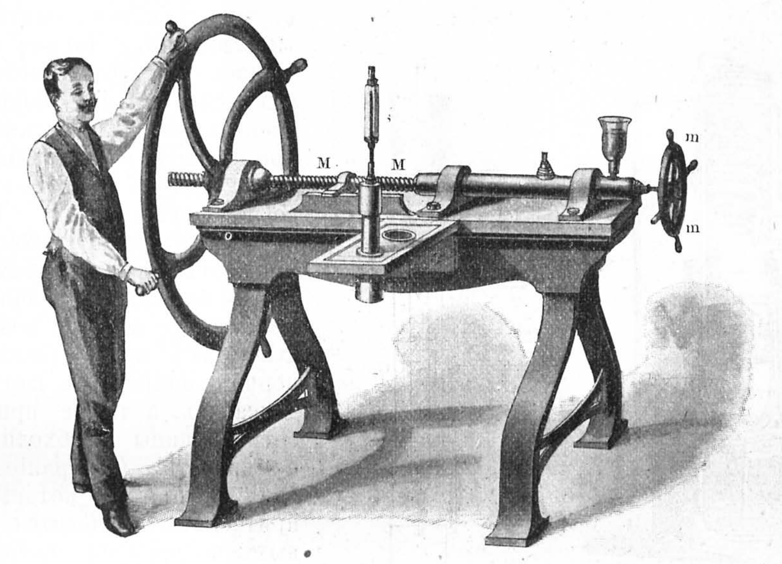
тельная работоспособность машины стоитъ гораздо ниже этой теоретической. Отдача тепла въ окружающее пространство, всякаго рода задержки и треніе, приведеніе въ движеніе цѣлаго ряда частей машины, воспроизводящихъ при своемъ перемѣщеніи описанный нами круговой процессъ, все это обусловливаетъ потерю значительной доли тепла, доставляемой котлу, и обыкновенно довольствуются работоспособностью, составляющей 5—10 процентовъ теоретической работоспособности машины.

При изученіи свойствъ веществъ газообразныхъ мы уже видѣли, что здѣсь всегда для каждаго давленія существуетъ своя критическая температура, при которой газъ превращается въ жидкость, то есть съ достаточной быстротой измѣняетъ свое молекулярное состояніе; мы знаемъ, что и для жидкихъ тѣлъ есть



Приборъ Кальете для ожиженія постоянныхъ газовъ. См. текстъ, стр. 163.

подобная, но болѣе низкая температура, при которой происходитъ опять-таки внезапное измѣненіе состоянія, а именно переходъ въ состояніе твердое. Постепенно понижая температуру тѣла, начиная съ нѣкоторой точки, мы замѣтимъ, что измѣненіе внутренняго состоянія его будетъ протекать, вообще говоря, такъ же равномѣрно, но можно указать для каждаго тѣла двѣ такихъ температуры, при которыхъ измѣненіе состоянія наступаетъ внезапно. Обстоятельство это представляетъ, разумѣется, большой интересъ, но до глубокаго пониманія его причинъ, во всякомъ случаѣ, еще далеко. Мы понимаемъ, что при извѣстномъ уменьшеніи быстроты частичныхъ движеній, или, иначе говоря, при извѣстномъ пониженіи температуры взаимное притяженіе молекулъ станетъ силой преобладающей, и что молекулы быстро идутъ впередъ къ состоянію, въ которомъ он, другъ съ другомъ связаны, къ состоянію жидкости; но почему это сближеніе, разъ оно уже началось, не идетъ дальше, почему температура полагаетъ новый предѣлъ этому процессу сгущенія, ставя его въ зависимость отъ своей величины ничуть не въ меньшей мѣрѣ, если не въ большей, чѣмъ это бываетъ при состояніи газообразномъ, понять далеко нелегко. Съ возрастаніемъ температуры расширяются и жидкости, но ихъ коэффиціенты расширенія, ихъ удѣльныя теплоты уже не тѣ, что были при газообразномъ состояніи тѣла. Молекулы остаются все же на сравнительно значительныхъ разстояніяхъ другъ отъ друга; онѣ, по прежнему, съ большей или меньшей свободой совершаютъ тепловыя движенія. При дальнѣйшемъ пониженіи температуры онѣ приближаются другъ къ другу все больше и больше и, наконецъ, начинаютъ снова перегруппировываться, пріобрѣтая



Приборъ Кальете́ для ожиженія постоянныхъ газовъ. См. текстъ, стр. 163.

на этотъ разъ, по большей части, удивительную таинственную кристаллическую форму. Намъ кажется, что теперь онѣ плотно прижаты другъ къ другу. На самомъ же дѣлѣ это не такъ: температура твердыхъ тѣлъ, иначе говоря, движенія мельчайшихъ частей ихъ, можетъ измѣняться, какъ температура тѣлъ жидкихъ и газообразныхъ; при пониженіи температуры, твердыя тѣла также сжимаются. Но есть извѣстныя исключенія, къ которымъ мы и перейдемъ. Тѣло, будучи въ этомъ третьемъ аггрегатномъ состояніи, обладаетъ теплоемкостью, совершенно отличной отъ той, которая характеризуетъ его въ двухъ прочихъ состояніяхъ, и ходъ измѣненія ея часто вполнѣ соотвѣтствуетъ характеру измѣненія аггрегатнаго состоянія. Такъ, удѣльная теплота льда 0,48, уд. т. воды, какъ мы знаемъ 1,00, а уд. т. водяного пара 0,37; такимъ образомъ промежуточное аггрегатное состояніе характеризуется наибольшей удѣльной теплотой.

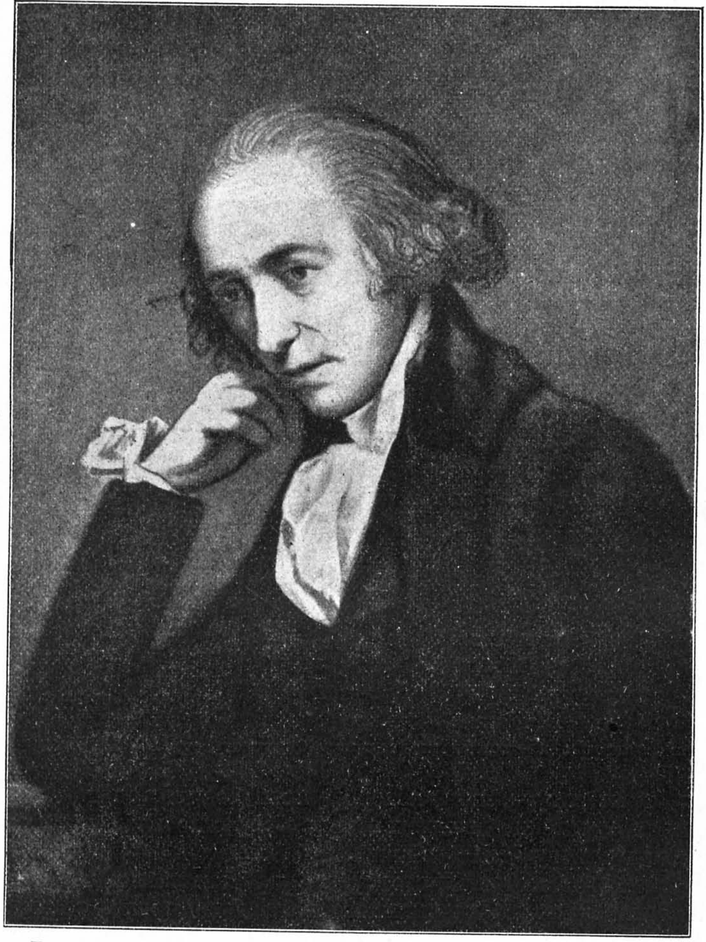


Джемсъ Уаттъ Изъ „19-го столѣтія въ картинахъ", Веркмейстера. См. текстъ, стр. 163.

Мы видѣли, что во всѣхъ трехъ состояніяхъ происходитъ одинаковая по характеру борьба междутепловыми дѣйствіями и молекулярнымъ притяженіемъ, а потому мы въ правѣ предположить, что плавленіе тѣлъ происходитъ въ столь же неизмѣнныхъ условіяхъ, какъ явленіе кипѣнія.

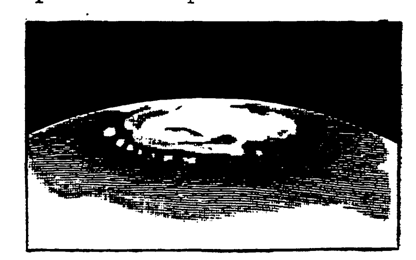
Дѣйствительно, теплотѣ испаренія соотвѣтствуетъ теплота плавленія. Ниже нуля ледъ можетъ имѣть любую температуру. Нагрѣвая его, мы найдемъ, что онъ, въ зависимости отъ своей теплоемкости, будетъ расширяться, что температура его будетъ въ той же мѣрѣ повышаться. Но лишь только термометръ покажетъ нуль, то есть лишь только ледъ начнетъ плавиться, температура его, несмотря на непрерывный притокъ тепла, не будетъ мѣняться до тѣхъ поръ, пока весь ледъ не растаетъ. Оказывается, что теплота плавленія воды равна 79,20 калорій, т. е. она значительно ниже теплоты испаренія воды, которая равна 537 калоріямъ. Теплота плавленія серебра 21, теплота плавленія сѣры 9,4, а ртути 2,8 калорій. Ртуть, стало быть, при плавленіи поглощаетъ тепла очень мало, — она очень легко плавится.

Точки плавленія различныхъ тѣлъ, какъ извѣстно, очень различны. Плавленіе цѣлаго ряда веществъ совершается при столь высокой температурѣ, что для полученія ея намъ приходится пользоваться вольтовой дугой, температура которой можетъ быть опредѣлена лишь приблизительно. Платина плавится при



Джемсъ Уаттъ Изъ „19-го столѣтія въ картинахъ“, Веркмейстера.
См. текстъ, стр. 163.

1775°, желѣзо — при 1600°, золото — при 1070°, свинецъ — при 328°, сѣра — при 114°, фосфоръ — при 44°, ртуть — при — 39°, угольная кислота — при — 57°, азотъ — при — 203°. Мы видимъ также, что разстояніе точки плавленія отъ точки кипѣнія для различныхъ веществъ весьма неодинаково. Для азота эта разница между двумя точками равна лишь 10° (температура кипѣнія азота равна — 193°); стало быть, жидкимъ азотъ остается лишь въ предѣлахъ очень небольшихъ температурныхъ измѣненій. Для ртути эти точки разнятся приблизительно на 400° другъ отъ друга: ртуть по преимуществу вещество жидкое. Сѣра кипитъ при 448°, то есть эта точка кипѣнія выше приведенной нами точки плавленія на 334°. Удѣльная теплота сѣры равна 0,176, а потому для перевода сѣры изъ состоянія плавленія въ состояніе кипѣнія необходимо затратить около 58 калорій, тогда какъ для соотвѣтственнаго перевода воды требуется, какъ извѣстно, 100 калорій. Можно представить себѣ свѣтило, температура поверхности котораго на нѣсколько сотъ градусовъ выше температуры земли. На такомъ свѣтилѣ, при одинаковомъ съ землей притокѣ тепла, а при прочихъ равныхъ астрономическихъ условіяхъ, сѣра занимала бы то же мѣсто, что вода на землѣ; мы имѣли бы здѣсь сѣрные бассейны, сѣра испарялась бы изъ нихъ въ атмосферу, изъ атмосферы выпадали бы жидкіе или твердые сѣрные дожди, словомъ, сѣра совершала бы тутъ тотъ круговоротъ, какой у насъ совершаетъ вода. Но возможно и то, что даже у насъ, на землѣ, въ тѣ времена, когда на ней еще не было жизни, сѣра и по порядку за ней другіе элементы играли эту роль; попутно они образовали тѣ архаическія породы, которыя, съ одной стороны, носятъ вулканическій характеръ и въ то время, очевидно, имѣли видъ раскаленной жидкой массы; но, съ другой стороны, мѣстами несомнѣнна и ихъ сланцеватость, что указываетъ на отложенія подобныя тѣмъ, которыя уже потомъ были выполнены водой, совершавшей, какъ и теперь, свой круговоротъ. Эти архаическія породы имѣютъ ясно выраженный кристаллическій характеръ. Они могли образоваться только при сравнительномъ спокойномъ положеніи матеріи, какъ ледъ на водѣ.

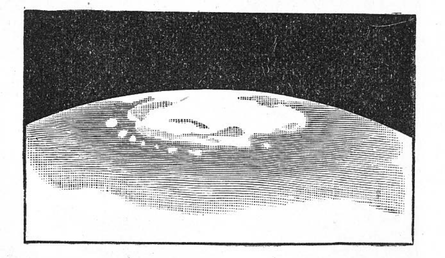


Полюсъ Марса съ снѣжнымъ пятномъ. Изъ „Міроозданія“, В. Мейера. См. текстъ ниже.

Угольная кислота таетъ при — 57°, а кипитъ при — 78°. Въ мірѣ, который охладился бы уже больше нашего или получалъ бы отъ своего солнца меньше тепла, чѣмъ земля, мѣсто воды могла бы заступить угольная кислота. По мнѣнію нѣкоторыхъ ученыхъ, явленія на планетѣ Марсѣ (см. рисунокъ выше), стоящія въ зависимости отъ временъ года, должно приписать круговороту именно угольной кислоты, а не воды, какъ у насъ.

При таяніи, какъ и при кипѣніи, существенную роль играетъ борьба между теплотой и притягательными силами, обнаруживающимися между молекулами; поэтому давленіе, испытываемое тѣмъ или другимъ веществомъ, оказываетъ какъ на точку кипѣнія, такъ и на точку таянія вліяніе, хотя, правда, и очень незначительное. Точка таянія льда, при повышеніи давленія на одну атмосферу, понижается на 0,0075°. Стало быть, вблизи точки таянія притягательныя силы настолько велики, что внѣшнее давленіе особенно большого вліянія на тѣ движенія, какія имѣютъ молекулы, не оказываетъ, тогда какъ по близости отъ точки кипѣнія это вліяніе проявляется съ значительной силой. Въ практическихъ задачахъ измѣненій точки таянія при измѣненіи барометрическаго уровня можно въ разсчетъ не принимать, чего нельзя сказать про точку кипѣнія.

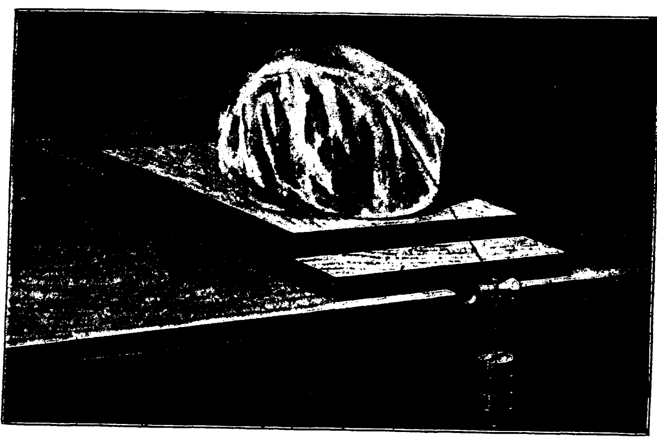
Въ обиходѣ природы это пониженіе точки таянія имѣетъ во многихъ случаяхъ весьма важныя послѣдствія. Изслѣдованія океана, которыя въ настоящее время производятся съ большимъ рвеніемъ и успѣхомъ, показали, что на днѣ моря температура очень низка, что на большихъ глубинахъ бываетъ часто 2 и 3° ниже нуля. Если на поверхности моря морская вода, благодаря содержанію въ ней солей, можетъ охладиться ниже нуля, не замерзая, то на глубинѣ моря подъ



Полюсъ Марса съ снѣжнымъ пятномъ. Изъ „Мірозданія“, В. Мейера. См. текстъ ниже.

огромнымъ давленіемъ при пониженіи въ силу этого давленія точки таянія льда, вода, конечно, можетъ остаться въ жидкомъ видѣ. Какъ мы уже знаемъ (стр. 112), при перемѣщеніи вглубь на 10 м., давленіе возрастаетъ приблизительно на 1 атмосферу. Отсюда можно разсчитать, что на глубинѣ 3000 м. точка замерзанія воды равна — 2,25°, на глубинѣ 5000 м. — 3,75°, и на глубинѣ 8000 м. — 6,0°. Въ силу этого вода остается жидкой и на глубинѣ моря, продолжая свою умѣряющую дѣятельность, являющуюся главнымъ факторомъ метеорологическихъ условій, въ которыхъ протекаетъ наша жизнь.

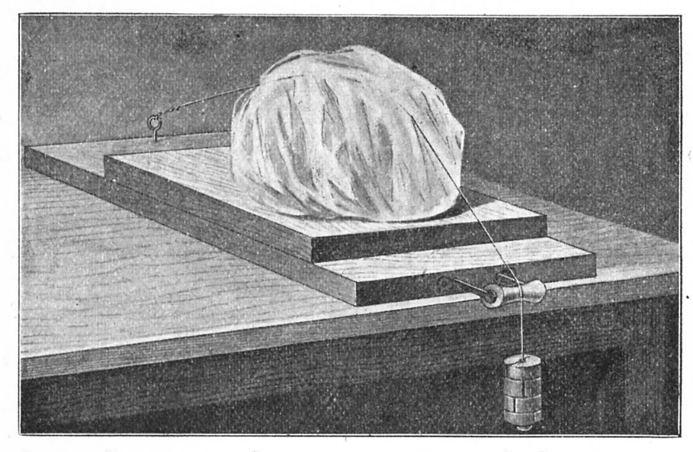
Ледъ, подъ вліяніемъ производимаго на него давленія въ соотвѣтственныхъ мѣстахъ, въ силу пониженія точки таянія льда, таетъ; но какъ только давленіе прекращается, вода замерзаетъ. Опытъ ведется обыкновенно такъ: на кусокъ льда надавливаетъ перекинутая черезъ него проволока (см. рис. на этой стр.), которая его и прорѣзываетъ; но вода надъ проволокой тотчасъ же замерзаетъ, потому что добавочное давленіе прекратилось, и проволока проходитъ сквозь ледъ, не оставляя сколько-нибудь замѣтнаго слѣда. Этимъ **смерзаніемъ** льда объясняется движеніе **глетчеровъ**. Ледяныя глыбы, повисающія на терасообразныхъ выступахъ, на особенно крутыхъ мѣстахъ обрываются; должны были бы получиться хаотическія груды обломковъ, но вмѣсто этого отдѣльныя льдины, подъ вліяніемъ смерзанія, сливаются въ одну массу, и глетчеръ принимаетъ видъ слитнаго, равномѣрно передвигающагося ледяного потока.



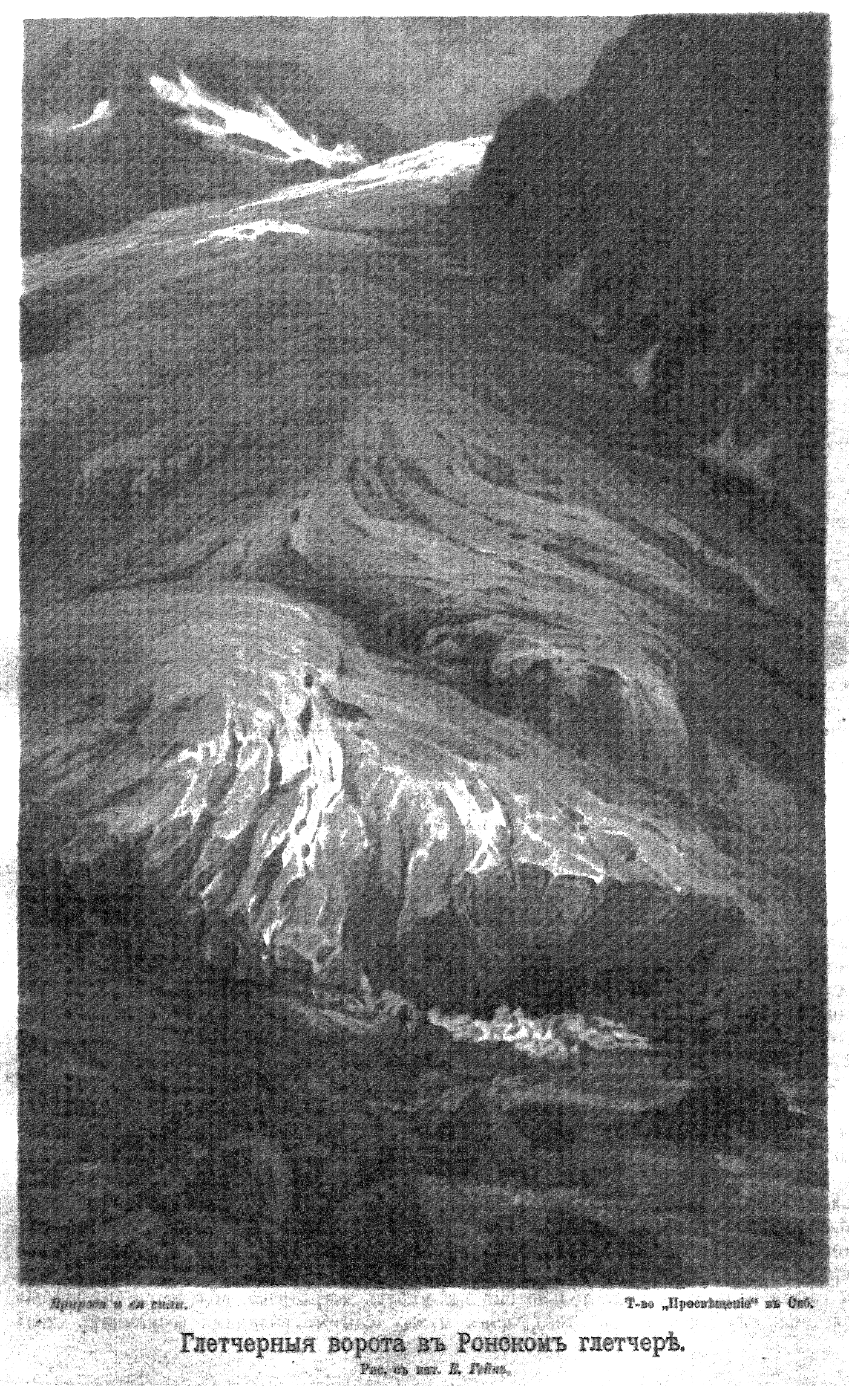
Смерзаніе льда, прорѣзываемаго проволокой. См. текстъ выше.

Въ связи съ описанной нами борьбой между молекулярнымъ притяженіемъ и теплотой стоитъ и тотъ фактъ, что плотность воды при нормальномъ давленіи не увеличивается равномѣрно въ зависимости отъ приближенія къ точкѣ замерзанія, а достигаетъ максимума при — 4°. Такимъ образомъ, хотя мельчайшія частицы воды при замерзаніи должны быть прижаты другъ къ другу очень крѣпко, хотя онѣ теряютъ теперь свою способность измѣнять положеніе другъ относительно друга и сливаются въ твердые кристаллы, тѣмъ не менѣе разстоянія между ними во льду въ среднемъ гораздо больше, чѣмъ въ водѣ, взятой при четырехъ градусахъ. Свѣдѣнія, которыми мы обладаемъ теперь, еще не позволяютъ объяснить это явленіе сколько-нибудь удовлетворительно. Мы можемъ лишь предположить, что при отвердѣваніи орбиты молекулъ располагаются иначе, что онѣ пріобрѣтаютъ тотъ же характеръ, что и въ твердыхъ тѣлахъ, но что среднія разстоянія между ними при этомъ не уменьшаются. Мы вернемся къ разсмотрѣнію этихъ явленій при изученіи химическихъ процессовъ.

Возникновеніе такихъ новыхъ группировокъ членовъ двухъ системъ въ движеніяхъ космическихъ, съ которыми мы такъ часто сравнивали движенія молекулярныя, можно считать теоретически необходимымъ. Представимъ себѣ два солнца, окруженныхъ планетами; пусть они приближаются другъ къ другу не въ силу производимаго другъ на друга взаимнаго притяженія, а въ силу собственнаго движенія, соотвѣтствующаго, если перейти на минуту къ молекуламъ, ихъ тепловымъ движеніямъ. Какъ только орбиты крайнихъ планетъ обѣихъ системъ придутъ въ тѣсное соприкосновеніе, начнутъ сильно дѣйствовать другъ на друга и самыя планеты и какъ только онѣ гдѣ-нибудь встрѣтятся, получится сплоченная система еще задолго до того, какъ между самими солнцами возникнетъ столь



Смерзаніе льда, прорѣзываемаго проволокой. См. текстъ выше.



Природа и ея силы. Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Глетчерныя ворота въ Ронскомъ глетчерѣ.

Рис. съ нат. *Е. Гейнъ.*

большое притяженіе, которое могло бы соединить ихъ въ одну систему, въ двойную звѣзду. Но при соединеніи этихъ двухъ планетъ, если онѣ достаточно велики, можетъ получиться значительное перемѣщеніе центра тяжести обѣихъ солнечныхъ системъ, что и обусловитъ прочность ихъ соединенія. Если одно изъ солнцъ описываетъ орбиту вокругъ другого, то среднее разстояніе между ними будетъ не меньше, чѣмъ въ моментъ соединенія обѣихъ планетъ, давшаго толчекъ соединенію самихъ солнцъ. Дѣйствительно, увеличеніе размѣровъ области, занимаемой обѣими солнечными системами является дѣломъ теоретической необходимости; возмущенія описаннаго выше характера имѣютъ своимъ послѣдствіемъ всегда увеличеніе эксцентриситетовъ орбитъ; тѣла, движущіяся по удлиненнымъ эллипсамъ, каковы, напримѣръ, періодическія кометы, имѣютъ всегда гораздо большія орбиты, чѣмъ планеты, возмущеній не испытавшія. Если для наглядности представленія невидимыхъ по причинѣ своей малости молекулярныхъ процессовъ мы проведемъ свое сравненіе съ космическими движеніями дальше, то солнца, не имѣющія спутниковъ и перемѣщающіяся въ пространствѣ въ силу лишь своего собственнаго движенія, можно сопоставить съ атомами газообразныхъ тѣлъ. Если они сгруппировали вокругъ себя планеты, описывающія вокругъ нихъ разныя движенія, то мы сравнимъ ихъ съ молекулами. Если эти солнца въ большомъ количествѣ соединились и образовали путемъ лишь одного внутренняго притяженія составляющей ихъ матеріи звѣздное скопленіе, то передъ нами космическая картина капли жидкости; а когда двѣ солнечныя системы или болѣе сливаются въ двойную или кратную звѣзду, то мы имѣемъ передъ глазами процессъ космической кристаллизаціи.

То обстоятельство, что **максимальная плотность воды** лежитъ выше точки замерзанія, играетъ въ природѣ, въ земномъ ея обиходѣ, важную роль. Если бы ледъ былъ тяжелѣе воды, онъ опустился бы на дно, а, стало быть, моря и озера обратились бы сплошь въ ледъ; на самомъ же дѣлѣ, ледъ, плавающій наверху, охраняютъ слои, лежащіе ниже поверхности воды, отъ дѣйствія холода дальше въ глубь. Каждый граммъ льда поглощаетъ при таяніи 80 калорій. Если бы зимой озера и рѣки промерзали насквозь, на работу таянія весной должно было бы пойти гораздо больше тепла, чѣмъ теперь, и такимъ образомъ этотъ излишекъ былъ бы утраченъ для другихъ сторонъ дѣятельности этой поддерживающей всюду жизнь силы. Тепло никогда не проникало бы до льдовъ, лежащихъ на глубинахъ моря, потому что при циркуляціи воды на поверхности болѣе теплая, а вмѣстѣ съ тѣмъ и болѣе легкая, вода никогда бы туда не попадала. Такимъ образомъ, моря постоянно заполнялись бы льдомъ все дальше и дальше; пока наконецъ, вмѣсто нихъ, на поверхности земли не получилось бы твердыхъ окаменѣлыхъ глыбъ, которыя лишь лѣтомъ оттаивали бы немного сверху. Круговоротъ воды, благодаря которому развитіе нашей природы и становится возможнымъ, вскорѣ прекратился бы почти совсѣмъ, и у насъ на нашей полной жизни планетѣ всюду воцарилась бы смерть и оцѣпенѣніе. Но не во всѣхъ веществахъ кристаллы легче жидкости, изъ которой они образовались. Вещества, которыя въ кристаллическомъ состояніи имѣютъ большій вѣсъ, чѣмъ въ формѣ жидкости, ни на какомъ міровомъ свѣтилѣ никогда не могутъ играть роли воды въ развитіи жизни.

Если расширеніе воды начинается уже при 4^0, а не при видимомъ замерзаніи, то причина этого явленія состоитъ въ томъ, что въ этой холодной водѣ кристаллы льда уже образуются, но только они такъ малы, что мы ихъ не видимъ; все равно какъ испареніе воды начинается за много раньше до точки кипѣнія.

Пониженіе точки таянія льда подъ вліяніемъ возрастающаго давленія, въ связи съ новымъ расширеніемъ воды при замерзаніи, можетъ придать водѣ въ нѣкоторыхъ случаяхъ весьма и весьма значительную силу. Если наполнить небольшую полость толстостѣнной чугунной бомбы водой и выставить бомбу на холодъ при температурѣ — 10^0, то это небольшое количество воды всегда разрываетъ ее, совсѣмъ какъ самое страшное взрывчатое вещество (см. рисун., на стр. 170). Такъ какъ въ бомбѣ нѣтъ мѣста для перехода воды въ кристаллическое состояніе, то эта вода, будучи охлаждена до — 10^0, находится въ такихъ условіяхъ, въ какихъ она

была бы, если бы испытывала давленіе, которое можетъ понизить точку замерзанія до этой температуры. Давленіе въ 1 атмосферу понижаетъ точку таянія льда, какъ сказано у насъ на стр.167, на $0{,}0075^0$; такимъ образомъ, вода при — $7{,}5^0$ въ жидкомъ состояніи оказываетъ давленіе въ 1000 атмосферъ, а такое давленіе должно разорвать самую крѣпкую бомбу. Но какъ только это давленіе прекратится, вода, выливаясь, тотчасъ замерзаетъ, образуя при этомъ часто такія же причудливыя фигуры, какъ капли свинца, вылитыя въ воду.

Это разрывное дѣйствіе воды проявляется и въ горахъ; вода попадаетъ тамъ въ трещины скалъ и, замерзая, расширяетъ ихъ до тѣхъ поръ, пока кусокъ камня не оторвется и не скатится внизъ въ долину.

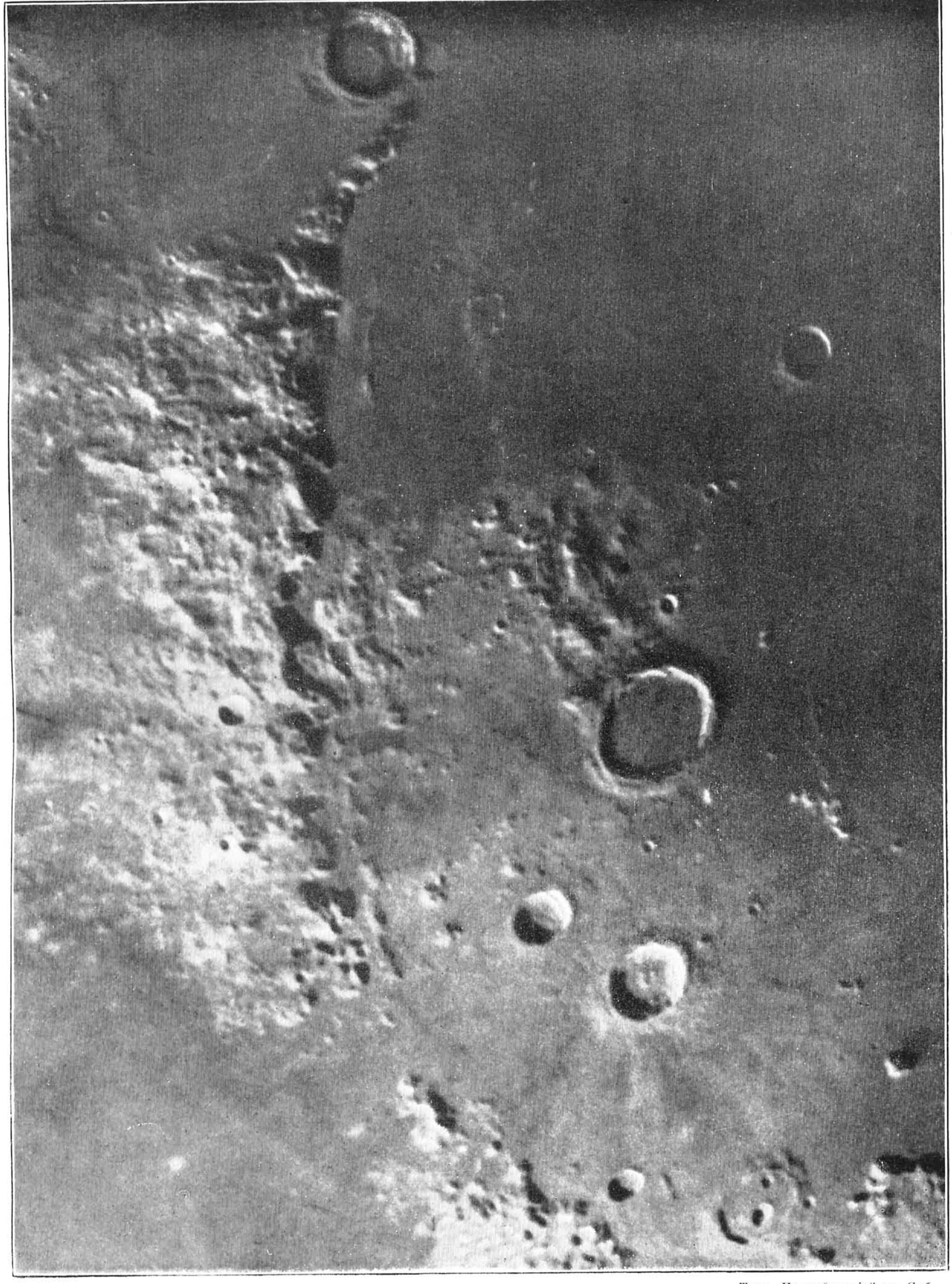


Разрывъ бомбы льдомъ. Изъ „Annalen der Physik", за 1879 г. См. текстъ, стр. 169.

Ростъ всей жизни природы зависитъ, какъ мы видѣли, въ большой степени отъ состояній, которыя принимаетъ вода при тѣхъ или иныхъ условіяхъ температуры и давленія. Этотъ переходъ уясняется схематически кривой, причемъ на чертежѣ (стр. 171), температуры возрастаютъ по горизонтальному направленію вправо, а давленія по вертикали снизу вверхъ. Ось давленій представлена перпендикуляромъ въ точкѣ 0. Область льда I и область жидкой воды II, отдѣлены прямой de, которая пересѣкаетъ ось давленій подъ очень острымъ угломъ, (на чертежѣ онъ значительно увеличенъ). Смыслъ этого тотъ, что точка таянія льда, которая должна всегда находиться на этой линіи раздѣла между I и II, при возрастаніи давленія, понижается весьма незначительно. Гдѣ эта линія раздѣла пересѣчетъ ось давленій, гдѣ, стало быть, вода замерзаетъ при 0^0, тамъ давленіе равно 1 атмосферѣ. Выше этой точки вода остается жидкой при температурахъ, которыя ниже 0^0, потому что отсюда линія раздѣла направляется влѣво отъ оси давленій. Линія раздѣла между II и III представляетъ изъ себя сильно изогнутую кривую и, начиная съ давленія нѣсколько большаго одной атмосферы, идетъ почти параллельно оси давленій; другими словами, давленіе по этой **кривой насыщенія**, на которой вода и паръ находятся въ равновѣсіи, возрастаетъ въ зависимости отъ температуры, какъ того требуетъ формулированный нами на стр. 156 законъ насыщенныхъ паровъ. Въ точкѣ d эта кривая насыщенія и линія раздѣла встрѣчаются. Горизонтальная прямая AB, проходящая черезъ эту примѣчательную точку (точка эта соотвѣтствуетъ давленію въ 4,57 мм. и лежитъ ближе къ температурѣ 0^0, чѣмъ на нашемъ чертежѣ), представляетъ собой то измѣненіе состоянія льда, при которомъ переходъ его въ паръ происходитъ непосредственно, минуя состояніе жидкое; давленіе здѣсь низкое и постоянное, температура же непрерывно повышается; черезъ область воды, въ формѣ жидкости, кривая не проходитъ. Это прямое испареніе льда, равно какъ и вообще всякій непосредственный переходъ изъ состоянія твердаго въ газообразное, называется **возгонкой**.

Въ свое время возможность заполненія льдомъ такъ называемыхъ лунныхъ морей оспаривалась на томъ основаніи, что при отсутствіи атмосферы этотъ ледъ долженъ былъ бы давно уже улетучиться, подвергнуться процессу „возгонки". Но, благодаря этому испаренію, образовалась бы атмосфера, давленіе которой вскорѣ достигло бы предѣльной величины 4,57 мм., при дальнѣйшемъ притокѣ тепла ледъ, какъ всегда, переходитъ въ жидкость, которая впослѣдствіи можетъ снова замерзнуть.

Часть кривой насыщенія влѣво отъ d называется кривой возгонки. Мы видимъ, что въ d имѣется сгибъ. Это указываетъ на измѣненіе при таяніи молекулярныхъ группировокъ. Точка d носитъ названіе **тройной точки воды**.

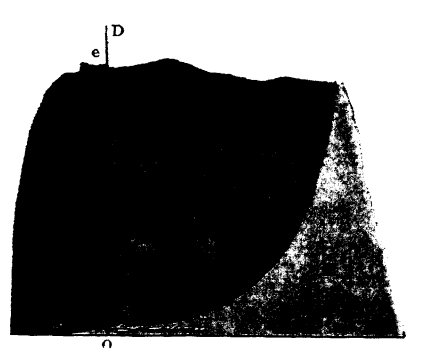


Жизнь природы. Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Горный хребетъ Апеннины на лунѣ.

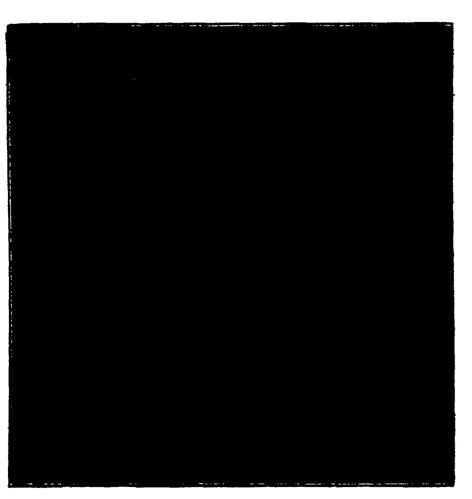
Съ фотографіи, снятой на Ликской обсерваторіи.

Въ ней ледъ, вода какъ жидкость, и вода въ парообразномъ состояніи находятся въ равновѣсіи. При давленіи и температурѣ, представляемыхъ этой точкой, ледъ, вода и водяной паръ могутъ находиться одновременно и рядомъ другъ съ другомъ. Если давленіе этого пара повысится, онъ обратится въ жидкость; если понизить его температуру, онъ превратится въ ледъ, не переходя предварительно въ жидкое состояніе. Такимъ путемъ получаются тѣ ледяныя иглы, изъ которыхъ въ наиболѣе высокихъ частяхъ нашей атмосферы образуются перистыя облака. (См. рис. ниже).



Кривыя состоянія воды. I. Область льда; II. Область воды, жидкости; III. Область пара. См. текстъ, стр. 170.

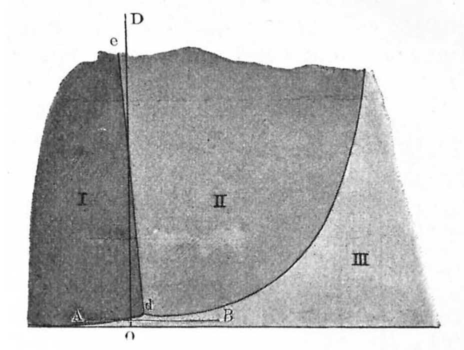
Въ работѣ, совершаемой въ природѣ, каждое изъ трехъ аггрегатныхъ состояній участвуетъ далеко не въ одинаковой долѣ. Если мы возьмемъ для примѣра воду, которая находится повсюду, то мы увидимъ, что, какъ ни важна работа льда, кругъ его воздѣйствія сравнительно ограниченъ. Напротивъ того, во сколько разъ шире кругъ дѣятельности воды, жидкости! Къ механическимъ дѣйствіямъ въ рѣкахъ и на берегахъ, къ циркуляціи воды надъ поверхностью моря, уравнивающей климатическія различія, присоединяется еще обширная химическая работа: раствореніе веществъ въ водѣ и соединенія ея съ разными минералами. Но наибольшей мощью обладаетъ работа воды въ парообразномъ состояніи въ величественной паровой машинѣ нашей атмосферы. Работоспособность, въ связи съ возрастаніемъ несвязанности молекулярныхъ движеній, должна здѣсь особенно возрасти. Работа, производимая тѣломъ въ томъ или другомъ аггрегатномъ состояніи, также обладаетъ своими отличительными, характерными для каждаго такого состоянія признаками. Механическое дѣйствіе твердыхъ тѣлъ и газовъ проявляется, правда, съ неодинаковой силой и не въ одинаковой формѣ, главнымъ образомъ въ формѣ ихъ расширенія, жидкое же состояніе является стихіей химическихъ процессовъ, которые протекаютъ въ предѣлахъ молекулярныхъ величинъ.


Перистыя облака. См. текстъ выше.

f). Теплота и химизмъ.

Между химическими процессами и теплотой существуетъ весьма много взаимоотношеній. Это легко понять, если вспомнить, что химическія измѣненія веществъ состоятъ въ перемѣнѣ порядка молекулярныхъ связей: опредѣленная группировка атомовъ, представляющихъ собой молекулу приходитъ въ столкновеніе съ другой подобной группой; путемъ обмѣна молекулъ атомами, получаются двѣ новыхъ группировки, имѣющихъ новыя химическія и физическія свойства. Поэтому, въ болѣе широкомъ смыслѣ, химическими реакціями слѣдуетъ называть и переходы тѣла изъ одного аггрегатнаго состоянія въ другое; какъ мы видѣли здѣсь также все сводится къ перегруппировкамъ молекулъ; такъ называемыя аллотропическія измѣненія, какія могутъ произойти съ такими химическими элементами, какъ кислородъ, сѣра и фосфоръ, обязаны своимъ происхожденіемъ, вѣроятно, совершенно такимъ же междумолекулярнымъ процессамъ, какіе происходятъ, по нашимъ представленіямъ, при отвердѣваніи вещества.

Но настоящими химическими процессами называются лишь тѣ, при которыхъ

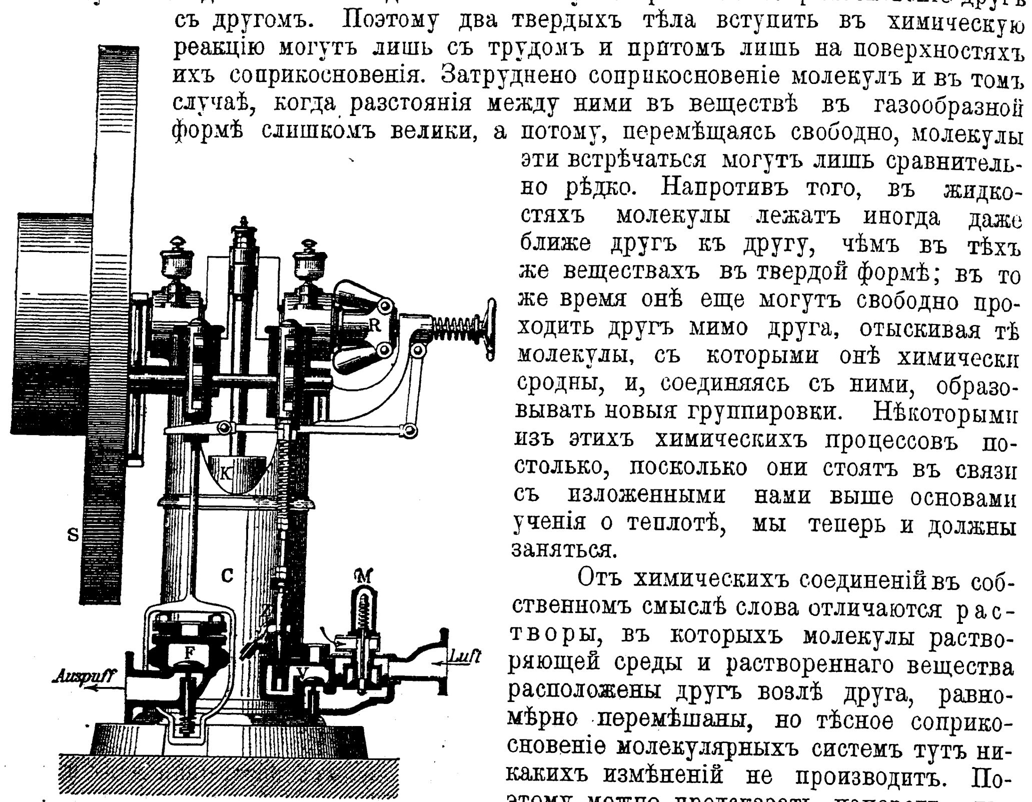


Кривыя состоянія воды. I. Область льда; II. Область воды, жидкости; III. Область пара. См. текстъ, стр. 170.

Перистыя облака. См. текстъ выше.

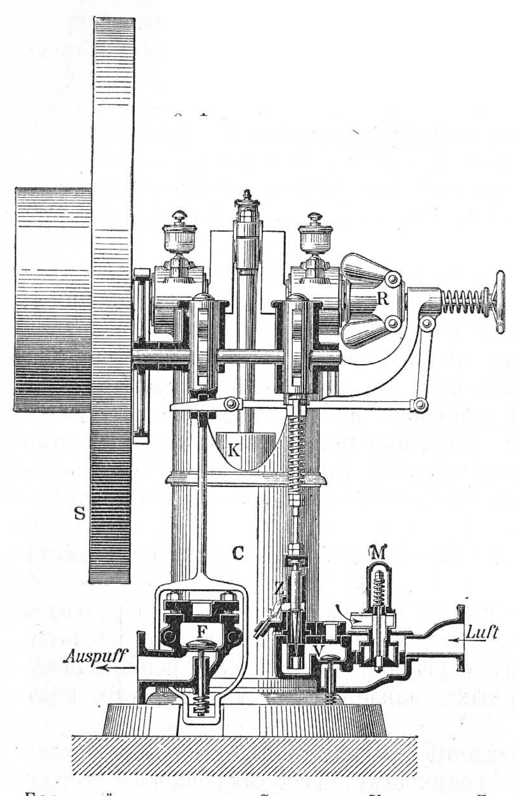
изъ двухъ, приходящихъ въ соприкосновеніе тѣлъ, получается третье; при переходѣ же тѣла изъ одного аггрегатнаго состоянія въ другое мы имѣемъ все время дѣло съ однимъ и тѣмъ же веществомъ, которое въ каждомъ изъ трехъ различныхъ состояній пріобрѣтаетъ, конечно, не только совершенно различныя физическія, но и совершенно различныя химическія свойства и потому можетъ быть принято съ полнымъ правомъ за совершенно новое тѣло.

Если два различныхъ вещества совершаютъ обмѣнъ между молекулами, то молекулы эти должны въ каждомъ такомъ случаѣ прійти въ соприкосновеніе другъ съ другомъ. Поэтому два твердыхъ тѣла вступить въ химическую реакцію могутъ лишь съ трудомъ и притомъ лишь на поверхностяхъ ихъ соприкосновенія. Затруднено соприкосновеніе молекулъ и въ томъ случаѣ, когда разстоянія между ними въ веществѣ въ газообразной формѣ слишкомъ велики, а потому, перемѣщаясь свободно, молекулы эти встрѣчаться могутъ лишь сравнительно рѣдко. Напротивъ того, въ жидкостяхъ молекулы лежатъ иногда даже ближе другъ къ другу, чѣмъ въ тѣхъ же веществахъ въ твердой формѣ; въ то же время онѣ еще могутъ свободно проходить другъ мимо друга, отыскивая тѣ молекулы, съ которыми онѣ химически сродны, и, соединяясь съ ними, образовывать новыя группировки. Нѣкоторыми изъ этихъ химическихъ процессовъ постолько, посколько они стоятъ въ связи съ изложенными нами выше основами ученія о теплотѣ, мы теперь и должны заняться.



Газовый двигатель С цилиндръ, K поршень, Z, M, F, V клапаны, R регуляторъ, S маховое колесо. См. текстъ, стр. 173.

Отъ химическихъ соединеній въ собственномъ смыслѣ слова отличаются растворы, въ которыхъ молекулы растворяющей среды и растворенняго вещества расположены другъ возлѣ друга, равномѣрно перемѣшаны, но тѣсное соприкосновеніе молекулярныхъ системъ тутъ никакихъ измѣненій не производитъ. Поэтому можно предсказать напередъ, что отношеніе раствора къ тепловымъ движеніямъ будетъ то же, что и у обоихъ составляющихъ растворъ веществъ, если сложить ихъ дѣйствія вмѣстѣ. Если всыпать поваренной соли въ воду и нагрѣть растворъ до извѣстной температуры, то какъ молекулы соли, такъ и молекулы воды пріобрѣтутъ одну и ту же скорость, соотвѣтствующую этой температурѣ. Но поваренная соль и вода имѣютъ разныя удѣльныя теплоты. Поэтому, для поддержанія того количества энергіи, которое необходимо для равномѣрнаго движенія обоего рода молекулъ, приходится сообщить раствору, въ зависимости отъ этой температуры, большее или меньшее число калорій. Въ то же время мы видимъ, что всякаго рода температурныя измѣненія въ растворахъ количественно зависятъ отъ отношенія между числами молекулъ обоихъ соединяющихся веществъ, то есть отъ концентраціи раствора. Къ тому, что только что сказано примыкаетъ одно соотношеніе, извѣстное подъ именемъ закона Рауля; согласно этому закону, точка замерзанія растворителя понижается въ зависимости отъ числа растворяемыхъ имъ молекулъ. Поэтому вода, содержащая соль, замерзаетъ лишь при температурахъ, лежащихъ ниже нуля, и это замерзаніе замедляется тѣмъ больше, чѣмъ вода соленѣй. По той же причинѣ точка кипѣнія растворовъ, съ другой стороны, въ соотвѣтственной мѣрѣ понижается.



Газовый двигатель С цилиндръ, К поршень, Z, M, F, V клапаны, R регуляторъ, S маховое колесо.
См. текстъ, стр. 173.

Гораздо сложнѣе явленія, наблюдаемыя въ химическихъ соединеніяхъ въ собственномъ смыслѣ этого слова; здѣсь теплота появляется, въ зависимости отъ разнаго рода обстоятельствъ, то въ формѣ теплоты, выдѣляющейся вовнѣ, то въ видѣ работы, на которую мы должны смотрѣть, какъ на результатъ превращенія тепловыхъ движеній. Къ этому классу явленій прежде всего надо отнести явленіе горѣнія. Смѣсь 2 гр. водорода съ 16 гр. кислорода, воспламеняясь со взрывомъ, даетъ 18 гр. воды.

Газъ, извѣстный подъ именемъ гремучаго газа, первоначально заполнялъ собой объемъ въ 33 литра, получившійся изъ него водяной паръ занимаетъ лишь 20 литровъ, и, наконецъ, объемъ воды, въ формѣ жидкости, вѣсящей 18 граммовъ, равенъ лишь 18 куб. ст. Такимъ образомъ, химическое соединеніе обоихъ газовъ сопровождается сжатіемъ почти въ 33,000 разъ; конечно, надо принять во вниманіе, что до этого произошло весьма значительное расширеніе газа, обусловленное выдѣленной при химическомъ соединеніи газовъ теплотой. Тепловыя молекулярныя движенія, возникающія здѣсь при взрывѣ, развиваютъ до 68000 калорій. Мы можемъ употребить ихъ на приведеніе въ движеніе плотно входящаго въ сосудъ поршня, то есть химическую энергію мы можемъ превратить прямо въ работу.

Такое превращеніе и происходитъ въ газовыхъ двигателяхъ: смѣсь свѣтильнаго газа, содержащаго водородъ, съ атмосфернымъ воздухомъ, въ которомъ находится кислородъ, даетъ гремучій газъ; въ этой смѣси производятъ рядъ послѣдовательныхъ взрывовъ, которые то подымаютъ вверхъ поршень машины, то заставляютъ его опуститься внизъ, какъ тѣ расширенія и сжатія пара, какія происходятъ въ паровой машинѣ (см. рисунокъ на стр. 172).

Сколько тепла освобождаетъ гремучій газъ при образованіи одного грамма воды, столько же тепла необходимо сообщить одному грамму воды, чтобы заставить ее расшириться до объема, занимаемаго соотвѣтственнымъ количествомъ гремучаго газа; намъ пришлось бы нагрѣть для этой цѣли нашъ граммъ воды до 68,000: 18 градусовъ = 3780°. Отсюда видно, какую огромную силу можетъ дать химическая реакція.

Если привести цинкъ въ соприкосновеніе съ сѣрной кислотой, то образуется водородъ, который до этого момента содержался внутри молекулъ сѣрной кислоты, будучи тамъ какъ бы въ состояніи сильнаго сгущенія. Химическая реакція освобождаетъ его отъ власти междумолекулярныхъ давленій, на манеръ того, какъ теплота выдѣляетъ паръ изъ жидкости.

Расширеніе водорода при его высвобожденіи можетъ опять-таки дать прямо работу, которая соотвѣтствуетъ извѣстному количеству освобождающагося тепла. Кромѣ того, жидкость при химическомъ процессѣ нагрѣвается. Явленіе это носитъ названіе процесса горѣнія,—цинкъ въ сѣрной кислотѣ сгораетъ. Каждый граммъ цинка развиваетъ при этомъ 525 калорій.

Эта теплота сгаранія является необыкновенно важнымъ факторомъ дѣятельности живой природы. Она является единственнымъ источникомъ животной теплоты. Мы знаемъ, что у теплокровныхъ животныхъ эта теплота всегда характеризуется постоянной температурой, которая значительно выше температуры окружающаго воздуха, если не считать исключительныхъ случаевъ, тропическихъ жаровъ. Температура крови человѣка равна 37°, независимо отъ того, переноситъ ли онъ уже въ теченіи нѣсколькихъ мѣсяцевъ страшные холода полярной ночи, гдѣ разница между температурами человѣческаго тѣла и окружающаго воздуха можетъ дойти до 70° и больше, живетъ ли онъ подъ зноемъ тропическаго солнца. Въ обоихъ случаяхъ его жизнедѣятельность переживаетъ тяжелый кризисъ, если эта температура крови измѣнится хотя бы лишь на нѣсколько градусовъ. Химическая работа въ человѣческомъ тѣлѣ, производящая всю эту теплоту, подвергается, стало быть, большимъ измѣненіямъ, которыя точно регулируются организмомъ. Этимъ объясняется, напримѣръ, тотъ фактъ, что жители сѣвера должны принимать пищу совершенно иного химическаго состава, чѣмъ та, которая обычна подъ тропиками. Сѣверяне по преимуществу любятъ жиръ, который

выдѣляетъ больше теплоты при сгаранін, чѣмъ напримѣръ растительная пища. Этотъ фактъ по достоинству оцѣненъ былъ Нансеномъ. Онъ сказалъ себѣ, что для того, чтобы прожить не болѣя въ теченіи нѣсколькихъ лѣтъ во льдахъ полярныхъ морей, надо привыкнуть къ пищѣ эскимосовъ, надо привыкнуть къ тюленьему жиру въ томъ его видѣ, въ которомъ сила его наиболѣе дѣйствительна, то есть къ жиру сырому. Съ другой стороны, получающаяся отъ сгаранія теплота превращается въ тѣлѣ также въ мускульную работу. Можно безъ особаго труда вычислить, сколькимъ калоріямъ соотвѣтствуетъ работа лошади, и сколько надо прибавить ей пищи для нагрѣванія живой тепловой машины, чтобы она могла выполнить требуемую работу. Работа возбуждаетъ аппетитъ.

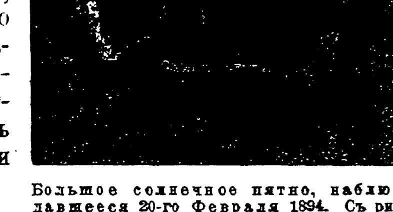
Мы уже видѣли, что теплоты, выдѣляющейся при образованіи химическаго соединенія, по меньшей мѣрѣ достаточно для раздѣленія этого соединенія на составныя части, для его диссоціаціи. Водородъ и кислородъ, смѣсь которыхъ химически соединяется съ образованіемъ огромныхъ силъ, подъ вліяніемъ теплового дѣйствія небольшой искры, остаются въ покоѣ, находясь рядомъ при нагрѣваніи, доведенномъ до температуръ, значительно болѣе высокихъ; во всякомъ случаѣ даже при температурѣ 6700° они не обнаруживаютъ ни малѣйшаго стремленія къ соединенію. Ту температуру, ниже которой химическій элементъ въ соединеніе съ другими элементами уже не вступаетъ называется температурой его диссоціаціи.

Если мы станемъ представлять себѣ химическія соединенія въ видѣ группировокъ атомовъ различныхъ элементовъ, въ видѣ своего рода молекулярныхъ міровыхъ системъ, отдѣльные члены которыхъ связаны другъ съ другомъ собственными притягательными силами, то мы поймемъ, что тепловое движеніе достаточной силы преодолѣетъ и эти внутреннія силы, какъ преодолѣваетъ связь молекулъ жидкости при ея испареніи. Въ согласіи съ значительной величиной силы, съ которой связываютъ другъ друга, какъ это видно изъ разнородныхъ химическихъ процессовъ, атомы въ молекулярныхъ тканяхъ, температура диссоціаціи должна лежать очень высоко, значительно выше температуры кипѣнія.

Отъ температуры диссоціацін надо отличать теплоту диссоціаціи, измѣряющейся числомъ калорій, которыя надо сообщить соединенію, чтобы его разложить. Мы видимъ, стало быть, что химическія соединенія и разложенія происходятъ не только путемъ тѣснаго сопоставленія различныхъ веществъ, — что разсмотрѣть подробнѣе мы можемъ лишь въ главѣ о химическихъ процессахъ, — они могутъ быть обусловлены притокомъ или отнятіемъ тепла. Существуютъ для каждаго соединенія свои особыя температуры, въ предѣлахъ которыхъ такое соединеніе только и можетъ произойти. При очень низкой температурѣ химическія реакціи прекращаются: молекулы, находясь слишкомъ близко другъ отъ друга не обладаютъ въ этомъ случаѣ необходимой свободой перемѣщенія. Рауль Пикте, которому мы обязаны, кромѣ превращенія газовъ въ жидкое состояніе, еще рядомъ другихъ интересныхъ изслѣдованій надъ дѣйствіемъ холода на мертвую матерію и на организмы, предложилъ на основаніи сказанныхъ соображеній новый пріемъ химическаго анализа путемъ постепеннаго измѣненія тепловыхъ дѣйствій. Та степень холода, на которой становятся возможными химическія реакціи, для каждаго вещества своя особенная. Смѣсь такихъ веществъ, будучи сначала сильно охлаждена до температуры близкой къ абсолютному нулю, при медленномъ притокѣ тепла послѣдовательно выдѣлитъ изъ себя всѣ соединенія, какія только возможны между этими веществами, другими словами, тутъ будетъ происходить систематическій синтезъ. Къ сожалѣнію, съ низкими температурами, какъ и съ высокими, которыми пользуются для отдѣленія соединеній другъ отъ друга, оперировать настолько трудно, что этотъ пріемъ универсальнаго значенія пріобрѣсти не можетъ.

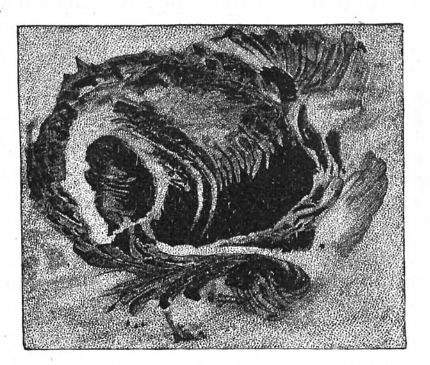
По новѣйшимъ изслѣдованіямъ оказывается, что температура солнечной поверхности лежитъ между 6000 и 8000°. Эта температура, какъ можно утверждать на основаніи опытовъ, производимыхъ въ нашихъ лабораторіяхъ, превышаетъ температуру диссоціаціи большинства веществъ: они въ газообразной формѣ образуютъ солнечную атмосферу, хотя въ числѣ этихъ газовъ, какъ пока-

зываетъ спектроскопъ (см. главу о свѣтѣ), отчасти входятъ и металлическіе пары. И въ отдѣльныхъ случаяхъ, въ тѣхъ мѣстахъ солнца, гдѣ благодаря особымъ условіямъ, температура понизится, могутъ образоваться первыя соединенія. Тутъ происходитъ сгущеніе и продукты его, удѣльно болѣе тяжелые, опускаются ниже. Но здѣсь они снова попадаютъ въ область болѣе высокихъ температуръ, обусловленныхъ въ этихъ болѣе низкихъ слояхъ солнечной атмосферы сравнительно сильнымъ давленіемъ; соединеніе растворяется снова. По мнѣнію Брюстера, такимъ путемъ возникаютъ и исчезаютъ солнечныя пятна; въ пользу этого взгляда говоритъ многое, особенно если прибавить еще, что могучіе вихри, бороздящіе, какъ мы видимъ, солнечную атмосферу, производятъ разницу давленій, вызывающую тѣ температурныя колебанія, съ которыхъ начинается описанный нами круговой процессъ (см. рисунокъ ниже). Если это такъ, то тѣ величественныя явленія, свидѣтелями которыхъ мы ежедневно бываемъ, находясь на разстояніи 20 милліоновъ миль отъ нихъ, пріобрѣтаютъ весьма знаменательное сходство съ круговоротомъ воды въ нашей воздушной оболочкѣ; разница лишь въ томъ, что дѣятельность тепла на солнцѣ, благодаря тому, что здѣсь температуры выше земныхъ, проникаетъ въ атомную ткань матеріи ступенью глубже; поэтому погруженіе матеріи и ея испареніе падаетъ на солнцѣ на область химическихъ реакцій, тогда какъ въ нашей земной атмосферѣ рѣчь можетъ итти лишь о процессахъ физическихъ въ предѣлахъ превращеній матеріи изъ одного аггрегатнаго состоянія въ другое.


Большое солнечное пятно, наблюдавшееся 20-го Февраля 1894. Съ рисунка Th. Moreaux въ Буржѣ. Изъ „Міроздація", В. Мейера. См. текстъ выше.

Точно также **внутри нашей земли** вслѣдствіе огромнаго давленія, производимаго находящимися ближе къ поверхности слоями горныхъ породъ, должна существовать температура столь высокая, что при ней не можетъ уцѣлѣть ни одно химическое соединеніе.

Какъ показали изслѣдованія, на глубинѣ 10 м. надъ поверхностью земли колебанія температуры воздуха становятся неощутительными; найдено также, что по мѣрѣ опусканія въ глубь земли общая температура горныхъ породъ возрастаетъ въ среднемъ на 0,036° на 1 метръ, такъ что углубленію на 28 метровъ соотвѣтствуетъ повышеніе температуры на 1 градусъ. Это число носитъ названіе **геотермическаго градіента**. Величина эта непостоянна для различныхъ горныхъ породъ, такъ какъ неодинаковый удѣльный вѣсъ ихъ обусловливаетъ и неодинаковость температуръ, а теплота, выдѣляемая самими горными породами въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ въ нихъ происходятъ химическія реакціи, въ свою очередь, оказываетъ свое дѣйствіе. Такъ, напримѣръ, поразительна разница между температурой въ гротѣ, выбитомъ въ мѣдномъ купоросѣ, въ Раммельсбергскихъ копяхъ и температурой прочихъ штоленъ, лежащихъ на одинаковой съ нимъ глубинѣ. Температура въ гротѣ выше потому, что купоросъ образуется здѣсь изъ рядомъ лежащихъ жилъ металла, что сопровождается вполнѣ замѣтнымъ выдѣленіемъ тепла. На значительной глубинѣ геотермическій градіентъ сильно увеличивается, возрастаніе же температуры идетъ уже медленнѣе; мы можемъ предположить, что на глубинѣ 160 км. ниже поверхности земли температура равна 4000° и, по всей вѣроятности, двигаясь дальше къ центру земли, мы встрѣтимъ лишь незначительное увеличеніе температуры. Теорія говоритъ намъ, что внутренность земли, имѣя такую температуру, должна быть газообразной; но газы эти будутъ здѣсь плотнѣе нашихъ твердыхъ тѣлъ, и отличаются они отъ твердыхъ тѣлъ лишь тѣмъ, что атомы ихъ движутся взадъ и впередъ въ тѣхъ тѣсныхъ предѣлахъ, какіе предоставляетъ имъ тяготѣющее надъ ними огромное давленіе, съ быстротой, соотвѣтствующей сказанной температурѣ. Они, стало быть, обладаютъ очень большой внутренней энергіей, присутствія которой твердыя тѣла, находящіяся подъ



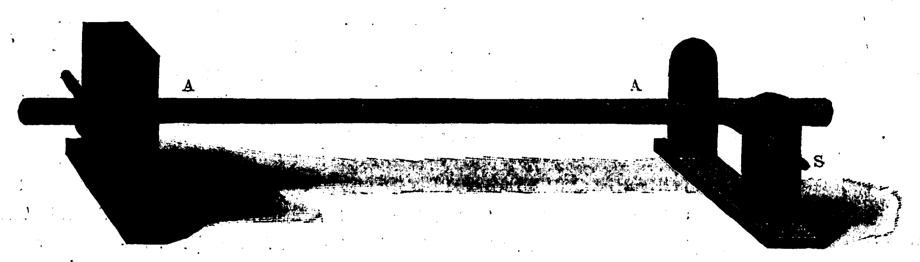
Большое солнечное пятно, наблюдавшееся 20-го Февраля 1894. Съ рисунка Th. Moreaux въ Буржѣ. Изъ „Мірозданія“, В. Мейера. См. текстъ выше.

обыкновенными давленіями, не обнаруживаютъ. Эта внутренняя энергія (напряженіе) проявляется лишь въ тотъ моментъ, когда давленіе позволитъ тепловымъ движеніямъ принять большіе размѣры.

Въ виду того, что по направленію къ поверхности наблюдается постепенное уменьшеніе давленія и температуры, начиная съ извѣстной предѣльной глубины, химическія соединенія снова могутъ существовать, какъ таковыя, и такъ какъ атомы ихъ обладаютъ большимъ запасомъ энергіи, то могутъ образовываться и новыя соединенія. Такимъ образомъ, древнія кристаллическія породы, находящіяся внутри земли, не должны были образоваться непремѣнно на поверхности земли, они могли выкристаллизовываться и на глубинѣ, по мѣрѣ того, какъ это становилось возможнымъ, когда охлажденіе распространилось на достаточную глубину. Кристаллизуясь большинство тѣлъ расширяется съ невѣроятной силой. Внутри земли такіе процессы должны были вызвать поднятіе налегающихъ сверху слоевъ. Въ кристаллизаціи мы въ правѣ усмотрѣть часть, хотя и не очень значительную, той силы, которая создала горы древней формаціи и понынѣ еще участвуетъ въ процессѣ образованія горъ. Когда накопленное давленіе упругихъ силъ въ слояхъ земли внезапно разрѣшается, такъ называемымъ тектоническимъ землетрясеніемъ, въ слояхъ поверхностныхъ прекращеніе химическихъ натяженій можетъ стать причиной вулканическихъ явленій. На этой глубинѣ, гдѣ давленіе сообщаетъ матеріи твердость скалъ, могутъ имѣть мѣсто круговороты ея состояній, совершенно сходные, съ точки зрѣнія теоріи тепла, съ тѣми, которые совершаются у насъ въ атмосферѣ или на поверхности солнца. Только переходы эти лежатъ на разныхъ ступеняхъ. И твердая поверхность земли подымается волнами вверхъ и спускается внизъ, и у ней есть свои бури, періоды которыхъ измѣряются сотнями тысячелѣтій. Бури эти, нѣкогда разражавшіяся внутри земли, представлены складками ея слоевъ, этими окаменѣвшими вихревыми движеніями, вполнѣ ясно.

g) Расширеніе твердыхъ тѣлъ, подъ вліяніемъ теплоты.

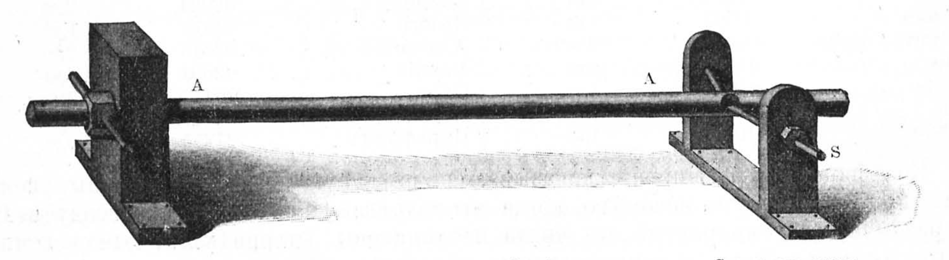
До сихъ поръ мы занимались тепловыми явленіями по преимуществу въ тѣлахъ газообразныхъ и жидкихъ, удѣляя твердымъ тѣламъ сравнительно мало мѣста. Тѣла, въ состояніи твердомъ, по сравненію съ двумя другими состояніями, вообще говоря, особыхъ тепловыхъ свойствъ не имѣютъ. Подъ вліяніемъ притока тепла они расширяются; расширенія встрѣчаются весьма неодинаковыя; обыкновенно при сравнительно большей нормальной плотности, тѣло расширяется меньше, но общихъ правилъ на этотъ счетъ установить нельзя. Все возрастающее стѣсненіе



Изломъ желѣзнаго стержня, подъ вліяніемъ теплоты. См. текстъ ниже.

свободы движеній молекулъ, разумѣется, вноситъ въ зависимости отъ атомнаго строенія вещества свои неправильности, причины которыхъ точно нами еще не могутъ быть опредѣлены.

Сила, съ какой происходятъ эти расширенія или сжатія, всегда чрезвычайно велика. Обыкновенно для того, чтобы дать понятіе объ этой силѣ, на лекціяхъ показываютъ слѣдующій опытъ. Въ отверстіе, продѣланное въ желѣзной палкѣ AA, вкладываютъ чугунный стержень S и укрѣпляютъ его въ стойкѣ такъ, чтобы концы его не двигались (см. рисунокъ выше). Одинъ конецъ желѣзной палки завинченъ



Изломъ желѣзнаго стержня, подъ вліяніемъ теплоты. См. текстъ ниже.

наглухо; на другомъ концѣ сдѣлано отверстіе съ заостренными краями, какъ это лучше видно изъ самаго рисунка. Если части прибора пригнаны въ тотъ моментъ, когда палка раскалена докрасна, то при охлажденіи и получающемся при этомъ сжатіи, эта палка разломитъ крѣпкій чугунный стержень. Чтобы произвести такой изломъ при помощи давленія или тяги, необходимо приложить къ этому стержню грузъ во много центнеровъ. Измѣренія расширеній, обусловленныхъ теплотой, производятся при помощи пирометровъ: расширяющійся стержень этого прибора приводитъ въ движеніе чувствительный рычажекъ, показанія котораго уже и отсчитываются на шкалѣ (см. рисунокъ рядомъ).



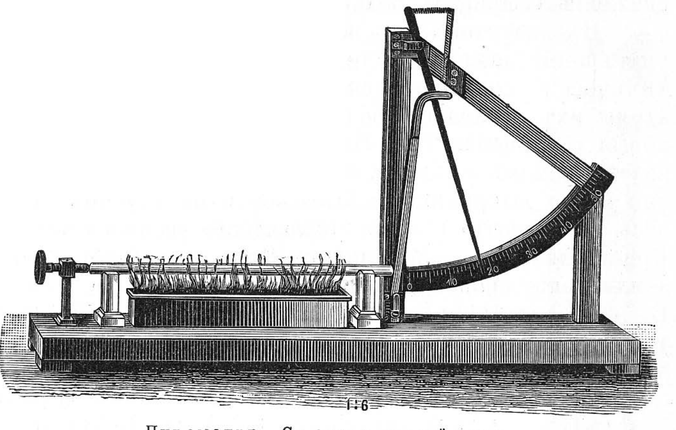
Пирометръ. См. текстъ на этой стран.

Точное знаніе расширенія твердыхъ тѣлъ представляется весьма важнымъ въ повседневной жизни, въ строительныхъ сооруженіяхъ, при изготовленіи научныхъ инструментовъ и т. д. Въ вопросахъ, требующихъ наиболѣе тонкихъ измѣреній, а, стало быть, при точномъ установленіи всѣхъ законовъ природы, знаніе всякаго рода измѣненій основной мѣры при тѣхъ температурахъ, при которыхъ ею будутъ пользоваться, является дѣломъ первой важности. Ошибка въ коэффиціентѣ расширенія соотвѣтствующаго вещества сказывается на нашихъ опредѣленіяхъ величинъ мельчайшихъ волнообразныхъ движеній эѳира, на нашихъ свѣдѣніяхъ о величественныхъ небесныхъ тѣлахъ. Изслѣдователю приходится бороться съ цѣлыми полчищами ошибокъ и, какъ бы совершенны ни были его теоретическія воззрѣнія, знаніе, вынесенное изъ опыта, будетъ всегда оставаться несовершеннымъ.

Теперь мы приведемъ рядъ коэффиціентовъ расширенія твердыхъ тѣлъ:

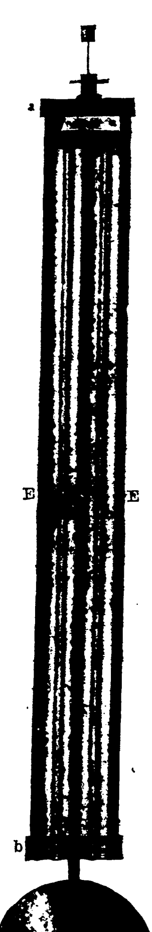
	Расширеніе, соотвѣтств. нагрѣв. на 1° при +40°.	Измѣненіе въ послѣдн. десятич. знакѣ при повышен. на 1° средн. темпер. 40°.		Расширеніе, соотвѣтств. нагрѣв. на 1° при +40°.	Измѣненіе въ послѣдн. десятич. знакѣ при повышен. на 1° средн. темпер. 40°.
	0,000			0,000	
Алмазъ.	00118	+ 1,44	Сталь	01095	1,52
Каменный уголь .	02782	2,95	Олово	02234	3,51
Иридій	00683	0,94	Свинецъ	02924	2,39
Платина	00905	1,06	Цинкъ	02918	— 1,27
Иридистая плат. .	00882	0,76	Алюминій . . .	02313	+ 2,29
Золото	01443	0,83	Магній	02694	6,84
Серебро	01921	1,47	Сѣра	06413	33,48
Мѣдь	01690	1,83	Индій	04170	42,38
Желѣзо	01210	1,85	Параффинъ . . .	27854	99,26

Коэффиціенты расширенія показываютъ, на какую долю своей длины увеличивается то или другое вещество, когда мы нагрѣваемъ его на одинъ градусъ. Но для различныхъ температуръ эти числа неодинаковы; въ предѣлахъ этихъ температуръ имѣютъ мѣсто и температурныя колебанія. Приведенныя у насъ числа дѣйствительны лишь при температурѣ +40°. Второй рядъ даетъ измѣненія послѣдняго по мѣсту десятичнаго знака, происходящія при повышеніи средней температуры +40°. Мы замѣчаемъ, что оба ряда состоятъ изъ чиселъ, весьма отличныхъ другъ отъ друга, и усмотрѣть въ этомъ многообразіи закономѣрность пока дѣло невозможное. Одинъ и тотъ же элементъ, углеродъ, обладаетъ въ формѣ каменнаго угля и въ формѣ алмаза неодинаковой способностью къ расширенію. Вообще говоря, оказывается, что вещества болѣе плотныя, вещества, обладающія большимъ удѣльнымъ вѣсомъ, и расширяются слабѣе, и коэффиціентъ ихъ въ зависимости отъ температуры измѣняется также въ незначительной степени. Къ



Пирометръ. См. текстъ на этой стран.

такимъ металламъ относится платина и рѣдкій металлъ иридій. Оказывается, что сплавъ, составленный изъ этихъ двухъ металловъ, взятыхъ въ извѣстномъ процентномъ соотношеніи, обладаетъ наиболѣе постояннымъ коэффиціентомъ расширенія. Изъ чиселъ второго ряда нашей таблицы число 0,76 самое малое, то есть и безъ того весьма небольшое расширеніе иридистой платины почти пропорціонально температурѣ. Для изготовленія образцовыхъ мѣръ это свойство металла представляетъ большую цѣнность. Поэтому-то прототипы метра, то есть мѣры, хранящіяся на вѣчныя времена въ нашихъ архивахъ знанія, какъ основныя единицы всѣхъ нашихъ измѣреній, дѣлаются изъ указаннаго только-что сплава этихъ двухъ металловъ.

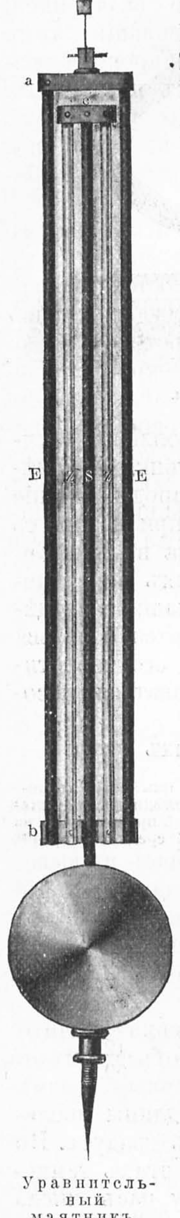


Уравнительный маятникъ. См. текстъ выше.

Увеличеніе коэффиціентовъ расширенія при возрастаніи температуры во всѣхъ указанныхъ у насъ въ таблицѣ веществахъ (кромѣ цинка, составляющаго интересное исключеніе) позволяетъ сдѣлать слѣдующій выводъ: увеличеніе это зависитъ отъ высоты точки плавленія вещества, что видно уже при сравненіи коэффиціентовъ расширенія различныхъ веществъ, изъ котораго слѣдуетъ, что коэффиціентъ этотъ тѣмъ больше, чѣмъ ниже точки плавленія разсматриваемаго вещества. Больше другихъ коэффиціентъ расширенія параффина, плавящагося при $+56^0$.

Всѣ эти зависимости показываютъ намъ, что расширеніе веществъ непремѣнно должно слѣдовать одному общему для нихъ всѣхъ закону, и что только особенности отдѣльныхъ веществъ не даютъ предстать этому закону предъ нами во всей его ясности. Съ нашей атомистической точки зрѣнія всѣ эти вещества представляютъ изъ себя лишь различныя группировки мельчайшихъ частей одного и того же, во всѣхъ другихъ отношеніяхъ совершенно не имѣющаго особенныхъ свойствъ основного вещества. Позже, изъ изысканій надъ химическими свойствами матеріи мы увидимъ, до чего сложны въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ эти группировки. Поэтому нечего удивляться, что и по отношенію къ тепловымъ движеніямъ свойства ихъ таковы, что свести ихъ на соотношенія теоретически простыя намъ не удается.

Изъ приложеній расширеній твердыхъ тѣлъ, представляющихъ для науки наибольшую важность, мы разсмотримъ теперь упомянутый нами на стр. 57 уравнительный маятникъ. Онъ состоитъ (см. рисунокъ рядомъ) изъ пяти параллельныхъ полосъ, изъ которыхъ три—желѣзныя, а двѣ—цинковыя. Двѣ желѣзныхъ полосы EE при помощи поперечной перекладины соединены прямо съ подвѣсомъ маятника. Другая поперечная полоса B связываетъ ихъ внизу, возлѣ чечевицы; въ свою очередь наверху у нихъ въ C прикрѣплена третья желѣзная полоса S, проходящая сквозь отверстіе въ B,—она поддерживаетъ чечевицу. Если подъ вліяніемъ теплового расширенія полосы E удлинятся, то B перемѣстится дальше внизъ. Перемѣстилось бы внизъ и C, но цинковыя полосы Z расширяются по направленію кверху. Можно такъ подогнать длины полосъ E, S и Z, что удлиненіе E и S будетъ равно поднятію C цинковыми полосами; таким образомъ, разстояніе чечевицы отъ точки подвѣса, или длина маятника отъ расширенія, обусловленнаго нагрѣваніемъ, не измѣняется. Простыя соображенія показываютъ, что это уравненіе будетъ имѣть мѣсто, когда $E + S = fZ$, гдѣ f выражаетъ собой отношеніе коэффиціентовъ этихъ двухъ веществъ. Для случая желѣза и цинка $f = 292:121 = 2{,}41$. (см. таблицу на стр. 177). Такимъ образомъ, сумма длинъ средней полосы S и одной изъ двухъ крайнихъ полосъ E должна быть въ 2,41 раза больше длины одной изъ цинковыхъ полосъ Z, и тогда уравнительный маятникъ будетъ удовлетворять своему назначенію.



Уравнитель-
ный
маятникъ.
См. текстъ выше.

Если спаять двѣ полоски, сдѣланныя изъ неодинаково расширяющихся металловъ, то при измѣненіяхъ температуры онѣ будутъ скручиваться; при повышеніи температуры металлъ болѣе расширяющійся займетъ положеніе на наружной поверхности искривленія, такъ какъ эта поверхность длиннѣе внутренней, при пониженіи же температуры, наоборотъ, на внутренней. На основаніи этого стали устраивать металлическіе термометры: въ нихъ расширеніе и сжатіе спирали s приводитъ въ движеніе два указателя, опредѣляющихъ предѣльныя температуры (см. рисунокъ на стр. 180). Такимъ же путемъ мы устраняемъ вліяніе температурныхъ колебаній на ходъ часовъ пружинныхъ; тутъ спаянныя, неодинаково расширяющіяся металлическія пластинки прикрѣплены къ балансиру (маятнику) (см. рисунокъ на стр. 180).

Коэффиціенты расширенія, приведенные у насъ въ таблицѣ, за исключеніемъ коэффиціента расширенія алмаза, который помѣщенъ только для сопоставленія съ каменнымъ углемъ, относятся къ такъ называемому аморфному состоянію указанныхъ веществъ, а не къ кристаллическому. На примѣрѣ съ алмазомъ мы видимъ, что расширеніе вещества въ кристаллической формѣ протекаетъ совершенно иначе, чѣмъ расширеніе того же вещества, но въ видѣ некристаллизованномъ. Даже въ одномъ и томъ же кристаллѣ расширеніе по направленіямъ осей его геометрической формы неодинаково. Разумѣется, эти условія расширенія будутъ тѣмъ сложнѣе, чѣмъ многообразнѣе формы матеріи, въ которыя она выливается въ своемъ стремленіи къ совершенствованію. Потомъ мы удѣлимъ особое вниманіе свойствамъ кристалловъ. Теперь приведемъ коэффиціенты расширенія трехъ наиболѣе важныхъ въ термометріи жидкостей, алкоголя, воды и ртути.

	Плотность при 0^0	Предѣльныя температуры.	a 0,00	b 0,00000	c 0,0000000
Алкоголь . . .	0,81510	— 33^0 до + 78^0	+ 10486301	+ 17510	+ 0134
Вода	1,00000	0 „ 25	— 0061045	+ 77183	— 3734
„	1,00000	+ 25 „ 50	— 0065415	+ 77587	— 3541
„	1,00000	50 „ 75	+ 0059160	+ 31849	+ 0728
„	1,00000	75 „ 100	+ 0086450	+ 31892	+ 0245
Ртуть	13,596	0 „ 350	+ 01790066	+ 00252	—

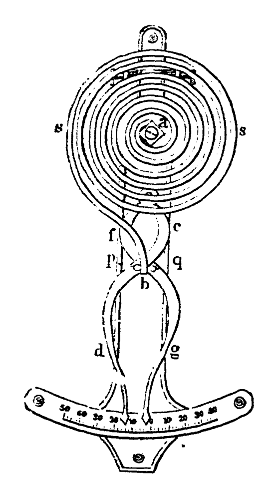
При помощи этой таблицы можно найти расширеніе объема при нагрѣваніи тѣла отъ 0^0 до данной температуры t, пользуясь формулой $at + bt^2 + ct^3$, гдѣ a, b и c — соотвѣтствующія тѣмъ же буквамъ числа, помѣщенныя у насъ въ вышеприведенной таблицѣ; числа эти представляютъ собой десятичные знаки, которые надо приписать къ нулямъ, помѣщеннымъ въ началѣ колоннъ. Данныя для алкоголя взяты у Піерра; для воды у Г. Коппа и для ртути у Реньо. Мы помѣстили по возможности наиболѣе точныя числа для того, чтобы показать точность, до какой достигла въ своихъ измѣреніяхъ современная физика.

Послѣдній рядъ показываетъ намъ, что коэффиціентъ ртути весьма значителенъ, но очень мало мѣняется въ зависимости отъ температуръ. Вотъ почему эта жидкость такъ исключительно удобна, такъ пригодна для температурныхъ измѣреній.

Теплопроводность и лучеиспусканіе.

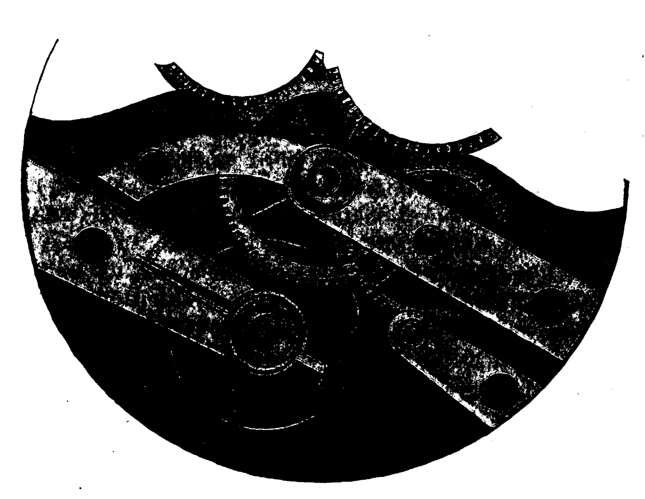
Для того чтобы произвести выполненное нами изслѣдованіе тепловыхъ явленій мы должны были или сообщать тепло различнымъ тѣламъ, или отнимать его отъ нихъ. Но для этого необходимы были источники тепла, которые весьма разнообразны, такъ какъ почти каждое проявленіе какой-либо силы природы въ видѣ движенія можетъ быть превращено въ теплоту. Мы уже видѣли, что давленіе производитъ теплоту; мы знаемъ также, что теплоту можно вызвать и треніемъ. Первобытные народы такимъ способомъ добывали огонь, и еще понынѣ пользуются такими огнивами, основанными на принципѣ тренія. И нашу спичку необходимо сначала потереть для того, чтобы получить ту начальную температуру, при которой можетъ возникнуть химическій процессъ, производящій пламя; затѣмъ уже температура быстро повышается, что происходитъ благодаря процессу

горѣнія. Даже треніе другъ о друга двухъ кусковъ льда, при температурахъ, лежащихъ значительно ниже нуля, производитъ теплоту. Этотъ фактъ въ свое время позволилъ высказать рядъ важныхъ теоретическихъ соображеній. Въ самомъ дѣлѣ, если бы теплота была дѣйствительно жидкостью, какъ это думали раньше, то такое тѣсное соприкосновеніе двухъ холодныхъ тѣлъ никогда не могло бы дать температуры выше, нежели ихъ собственная. Далѣе мы видѣли, что источникомъ тепла могутъ служить химическія реакціи, и, кромѣ того, всѣмъ извѣстно, что большія количества тепла можетъ дать электричество. Чаще же всего бываетъ такъ, что одно тѣло повышаетъ свою температуру за счетъ другого тѣла, которое находится въ непосредственномъ прикосновеніи съ первымъ или соединено съ нимъ посредствомъ другихъ тѣлъ: теплота проводится изъ болѣе теплаго въ болѣе холодное тѣло, она какъ бы стекаетъ изъ одного тѣла въ другое. Свойства этой способности тѣлъ, этой теплопроводности, возвращаютъ насъ къ старому взгляду на теплоту, какъ на жидкость.

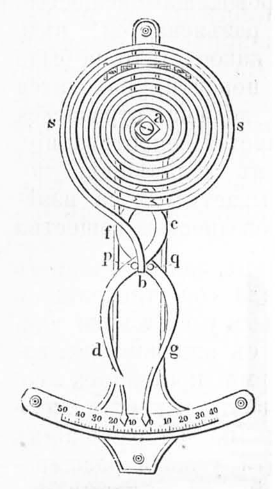


Металлическій термометръ, служащій для опредѣленія максимальной и минимальной температуръ, Германа и Пфистера. См. текстъ, стр. 179.

Дѣйствительно, въ данномъ случаѣ теплота напоминаетъ собой, скажемъ, воду, которая подъ опредѣленнымъ давленіемъ просачивается сквозь пористый слой. Скорость, съ какой вода переливается изъ резервуара, лежащаго выше, въ резервуаръ, помѣщенный ниже, зависитъ, какъ мы знаемъ, во-первыхъ, отъ разности уровней обоихъ резервуаровъ, затѣмъ отъ степени скважности фильтра и, наконецъ, отъ размѣровъ поперечнаго его сѣченія. Но въ то же время мы замѣчаемъ, ото скорость, съ какой уравниваются температуры двухъ тѣлъ, находящихся въ чоприкосновеніи, зависитъ отъ разницы между этими температурами, которую по сналогіи съ водой называютъ паденіемъ уровня температуры, затѣмъ отъ асобаго свойства молекулярнаго строенія тѣлъ (ихъ тепловой скважности) и, наконецъ, отъ величины поверхности соприкосновенія. Если теплота не должна течь отъ одного тѣла къ другому, а должна пройти лишь черезъ одно вещество, то на распространеніе ея будетъ имѣть вліяніе и толщина пластинки, черезъ которую протекаетъ теплота, — размѣры „теплового фильтра“. Наша атомистическая точка зрѣнія позволитъ намъ сразу понять, что скорость, съ какой теплота проходитъ, допустимъ, сквозь металлическую пластинку, передаваясь отъ сосуда, наполненнаго горячей водой, сосуду съ водой холодной, отдѣленному отъ перваго этой пластинкой, зависитъ отъ разницы температуръ воды въ этихъ сосудахъ: Для насъ, температура все равно, что степень скорости движенія молекулъ. Но разница между этими скоростями представляетъ собой въ свою очередь не что иное, какъ разницу между давленіями, возникающими во время этой передачи, благодаря столкновеніямъ молекулъ другъ съ другомъ. Съ точки зрѣнія общихъ принциповъ



Пружинные часы. U-маятникъ. См. текстъ, стр. 179.

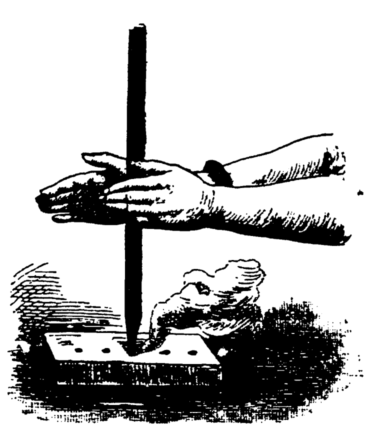


Металлическій термометръ, служащій для опредѣленія максимальной и минимальной температуръ, Германа и Пфистера. См. текстъ, стр. 179.

Пружинные часы. U-маятникъ. См. текстъ, стр. 179.

механики, это паденіе температуръ можно сравнить съ полнымъ правомъ съ давленіемъ воды, падающей съ извѣстной высоты.

Зависимость скорости проведенія отъ числа молекулъ проводящаго вещества, отъ его поверхности и его толщины точно также немедленно разъясняется: вѣдь всѣ эти молекулы еще до того, какъ онѣ начнутъ оказывать какое бы то ни было вліяніе на движенія молекулъ, въ которыя теплота должна перейти, находятся сами въ состояніи движенія. Наконецъ, на скорости передачи должна отразиться и комбинація атомовъ въ молекулахъ, потому что ею опредѣляется сопротивленіе, оказываемое молекулами дѣйствіямъ толчковъ. Не вдаваясь въ дальнѣйшія подробности, мы въ правѣ предположить, что родъ матеріи указываетъ уже на извѣстное соотношеніе, которое должно существовать между теплопроводностью вещества и его способностью воспринимать теплоту, то есть его удѣльной теплотой. Въ жидкостяхъ это почти такъ и бываетъ. Что же касается тѣлъ твердыхъ, то тутъ приходится принять въ разсчетъ еще внутреннее треніе, которое возрастаетъ вмѣстѣ съ плотностью тѣла. Здѣсь изъ ряда фактовъ, получающихся непосредственно изъ наблюденій, снова мы видимъ несомнѣнную закономѣрность: она выступаетъ изъ рядовъ чиселъ, но точную формулировку ея заслоняютъ отъ насъ тѣ особыя вліянія, прослѣдить которыя въ большей степени, чѣмъ это сдѣлано, по причинѣ сложности имѣющихся здѣсь взаимоотношеній, мы не въ состояніи.



Полученіе огня при помощи тренія. Изъ соч. I. Ранке, „Человѣкъ" См. текстъ, стр. 179.

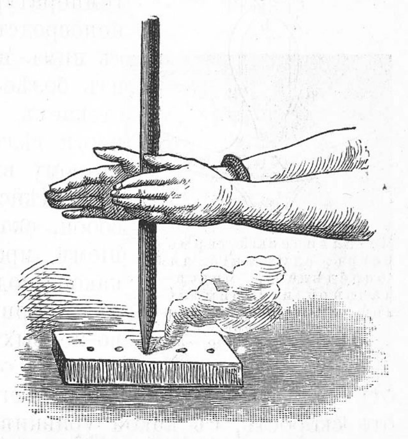
Приведемъ теперь нѣсколько чиселъ, характеризующихъ теплопроводность разныхъ веществъ. Числа эти показываютъ, сколько калорій протекаетъ въ секунду черезъ площадь сѣченія въ данномъ веществѣ, равную одному квадратному сантиметру, при разницѣ температуръ въ 1°.

Серебро	1,096	Свинецъ	0,078	Водородъ	0,000332
Мѣдь	0,680	Ртуть	0,016	Кислородъ	0,000056
Цинкъ	0,280	Вода	0,00124	Азотъ	0,000052
Желѣзо	0,152	Алкоголь	0,00049	Углекислота	0,000032

Эти числа показываютъ намъ, что теплопроводность веществъ, расположенныхъ въ рядъ по убывающимъ плотностямъ, вообще говоря, убываетъ. Такъ, очевидно, и должно было быть: чтобы тѣло обладало лучшей проводимостью, необходимо, чтобы въ немъ содержалось побольше проводящаго матеріала, то есть матеріи. Но исключенія есть и здѣсь; водородъ, напримѣръ, проводитъ тепло лучше кислорода, хотя его удѣльный вѣсъ меньше удѣльнаго вѣса кислорода.

Во всякомъ случаѣ, газы являются наиболѣе дурными проводниками. Земная атмосфера служитъ такимъ образомъ для живыхъ существъ на поверхности нашей планеты какъ бы согрѣвающимъ плащемъ и становится для нихъ необходимымъ условіемъ жизни. Атмосфера поглощаетъ большую часть тепла, лучеобразно испускаемаго изъ солнца на землю, и мощными своими круговоротами производитъ необходимое уравниваніе между тепломъ дня и ночи, между временами года, между климатически различными условіями моря и суши. Лучистая теплота, проникшая изъ атмосферы еще дальше, въ почву, не такъ легко проникаетъ вглубь почвы, но горныя породы, проводящія тепло, воспринимаютъ его быстро.

Совершенно иныя условія должны быть на лунѣ, гдѣ можетъ быть лишь очень тонкая воздушная оболочка. Какъ извѣстно, отдѣльно лунный день и лунная ночь равны четырнадцати нашимъ днямъ. Горныя породы на лунѣ, подвергаясь продолжительному дѣйствію падающихъ на нихъ лучей, нагрѣваются за столь продолжительный день до очень высокой температуры, при которой какое бы то ни было развитіе жизни становится во всякомъ случаѣ невозможнымъ. Тотчасъ послѣ захода солнца, почти безъ всякаго перехода, наступаетъ холодъ; на лунѣ уста-



Полученіе огня при помощи тренія. Изъ соч. I. Ранке, „Человѣкъ“ См. текстъ, стр. 179.

навливается, вѣроятно, очень близкая къ абсолютному нулю температура мірового пространства. Эти крайности гибельны для жизненныхъ процессовъ. Какъ мы уже имѣли случай упомянуть, возгонка льда и происходящее затѣмъ въ теченіе дня испареніе получившейся изъ него воды образуютъ атмосферу, производящую весьма слабое давленіе, по всей вѣроятности, и на лунѣ; и такая атмосфера можетъ тамъ и остаться. Мѣстами, напримѣръ въ глубоко лежащихъ циркахъ (см. рисунокъ ниже), гдѣ давленіе ея соотвѣтственно возрастаетъ, она можетъ производить на рѣзкіе переходы температуръ смягчающее вліяніе; въ такихъ областяхъ, какъ полагаютъ, можно замѣтить даже слѣды растительности, усматриваемые въ зеленоватой окраскѣ, которая появляется тутъ вскорѣ послѣ восхода солнца; въ теченіе длиннаго дня она опять исчезаетъ, — вѣроятно выгорая подъ вліяніемъ солнечнаго зноя. Такимъ образомъ растительность эта во всякомъ случаѣ необычайно скудна, и жизнь ея продолжается лишь одинъ день.

a 

b 

Цирки на лунѣ: a) при восходѣ солнца b) въ полдень. Изъ „Мірозданія", В. Мейера. См. текстъ ниже.

Среднее положеніе между землей и луною, по имѣющимся на этихъ планетахъ условіямъ, занимаетъ Марсъ. На этой планетѣ есть атмосфера, давленіе которой равно, быть можетъ, лишь половинѣ давленія, испытываемаго нами. Его воздушный плащъ защищаетъ его отъ рѣзкихъ переходовъ температуръ при смѣнѣ временъ года, стало быть, не въ таковой степени, какъ насъ. Поэтому мы видимъ въ телескопъ, что зимой на Марсѣ снѣгъ выпадаетъ зачастую вплоть до экватора, зато лѣтомъ даже полюсъ совершенно освобождается отъ льдовъ. Что солнечные лучи проходятъ сквозь тонкіе слои воздуха особенно легко, знаютъ по опыту, и весьма ощутительному опыту, альпійскіе путешественники: въ области вѣчнаго льда у нихъ обгараетъ кожа на лицѣ и рукахъ: эти части тѣла подвергаются дѣйствію прямо падающихъ на нихъ солнечныхъ лучей.

Изъ того, что сказано до сихъ поръ, можно было бы сдѣлать тотъ выводъ, что пустое пространство совершенно не въ состояніи проводить тепла, что теплота должна найти въ такомъ пространствѣ совершенную преграду. Но это заключеніе противорѣчитъ тому, что мы наблюдаемъ въ повседневной жизни. Каждую секунду отъ солнца къ намъ передаются колоссальныя количества тепла; благодаря огромной разницѣ температуръ солнечной и земной, поддерживается круговоротъ атмосферной машины, становится возможной жизнедѣятельность органическаго міра. Между тѣмъ отъ солнца отдѣляетъ насъ обширное пустое пространство, которое пронизываетъ уже не матерія; оно прорѣзывается несущимися по нему атомами эѳира, или, иначе, первичными атомами, которые, по нашимъ воззрѣніямъ, являются носителями тяготѣнія и, благодаря которымъ, какъ мы увидимъ изъ слѣдующей главы, совершается передача свѣта. Эти атомы должны переносить также и теплоту. Въ этомъ мы можемъ легко убѣдиться у себя въ лабораторіи. Если помѣстить два неодинаково нагрѣтыхъ тѣла въ безвоздушномъ пространствѣ, такъ чтобъ они другъ къ другу не прикасались и не получали тепла извнѣ, то тѣмъ не менѣе температуры ихъ мало-по-малу уравниваются, причемъ все происходитъ такъ, какъ тогда, когда тѣла эти окружены воздухомъ, водой или какимъ-либо другимъ проводящимъ веществомъ; но быстрота, съ какой происходитъ это уравниваніе температуръ, въ данномъ случаѣ иная. Въ пустомъ пространствѣ тепло распространяется лучами, происходитъ лучеиспусканіе тепла. По обычнымъ представленіямъ физиковъ, лучи тепла распространяются при посредствѣ колебаній эѳира, какъ лучи свѣта, передачу котораго мы разсмотримъ подробнѣе

a

b

Цирки на лунѣ: a) при восходѣ солнца b) въ полдень.
Изъ „Мірозданія“, В. Мейера. См. текстъ ниже.

въ ближайшей главѣ. Согласно гипотезѣ, которую мы кладемъ въ основу своего истолкованія сущности силъ природы, составляющихъ предметъ нашего изученія, мы представляемъ себѣ этотъ процессъ лучеиспусканія, такъ: молекулы тѣлъ отбрасываютъ отъ себя во всѣ стороны падающіе на нихъ эѳирные атомы; такого объясненія мы держались тогда, когда говорили о тяготѣніи. Но молекула, сама находящаяся въ движеніи благодаря теплотѣ, должна отталкивать первичные атомы черезъ такіе промежутки времени и съ такой болѣе или менѣе значительной силой, какъ того потребуетъ ея температура. То обстоятельство, что эти первичные атомы движутся сами съ весьма значительной быстротой, въ чемъ мы усматривали даже вѣроятную причину тяготѣнія, тутъ никакого значенія не играетъ. Тепловыя колебанія, исходящія изъ одной и той же молекулы, будутъ сообщаться цѣлому ряду непрерывно падающихъ на нее атомовъ. Эти первичные атомы, колеблясь съ той же скоростью, что и молекулы извѣстнаго теплаго тѣла, распространяются теперь вокругъ него во всѣ стороны; они попадаютъ такимъ образомъ и въ тѣла, находящіяся вокругъ перваго тѣла и, сообщая ихъ молекуламъ толчки, стремятся надѣлить ихъ той скоростью, которой обладаютъ сами: такимъ путемъ, они и производятъ это уравниваніе температуръ.

Изъ каждаго тѣла, лишь бы оно не было охлаждено до абсолютнаго нуля, исходятъ тепловые лучи, которые, какъ показываетъ ихъ болѣе подробное изслѣдованіе, носятъ совершенно тотъ же характеръ, что лучи свѣтовые. Если скорость колебаній молекулъ какого-нибудь тѣла перейдетъ за извѣстную границу, то тѣло начнетъ свѣтиться. Границей этой для всѣхъ тѣлъ независимо отъ ихъ молекулярнаго состава будетъ температура 525°: при ней начинается красное каленіе. Между 800 и 1000° мы имѣемъ для всѣхъ тѣлъ каленіе вишнево-красное, которое, до 1200° постепенно просвѣтляясь, принимаетъ уже оранжевую окраску и, наконецъ, переходитъ въ бѣлое каленіе, которое наиболѣе ослѣпительно между 1500 и 1600°. Такимъ образомъ, точно опредѣливъ цвѣтъ раскаленнаго тѣла, мы можемъ опредѣлить и его температуру.

Можно было бы думать, что отъ температуры 525° вверхъ тѣла начинаютъ посылать, наряду съ тепловыми лучами, лучи свѣтовые, что мы имѣемъ дѣло съ двумя различными родами лучей, которые съ извѣстнаго момента идутъ бокъ о бокъ. Такъ раньше на это и смотрѣли. На самомъ же дѣлѣ свѣтъ и лучистая теплота представляютъ одно и то же явленіе, одно и то же движеніе первичныхъ атомовъ, которое истолковывается нервами нашей кожи какъ тепловое раздраженіе, а начиная съ того момента, какъ смѣна слѣдующихъ одинъ за другимъ ударовъ атомовъ достигнетъ извѣстной скорости, наша сѣтчатка станетъ воспринимать ихъ, какъ раздраженіе свѣтовое. Такъ какъ свойствами свѣта мы будемъ заниматься подробно въ слѣдующей главѣ, то теперь мы ограничимся лишь общимъ очеркомъ свойствъ лучистой теплоты.

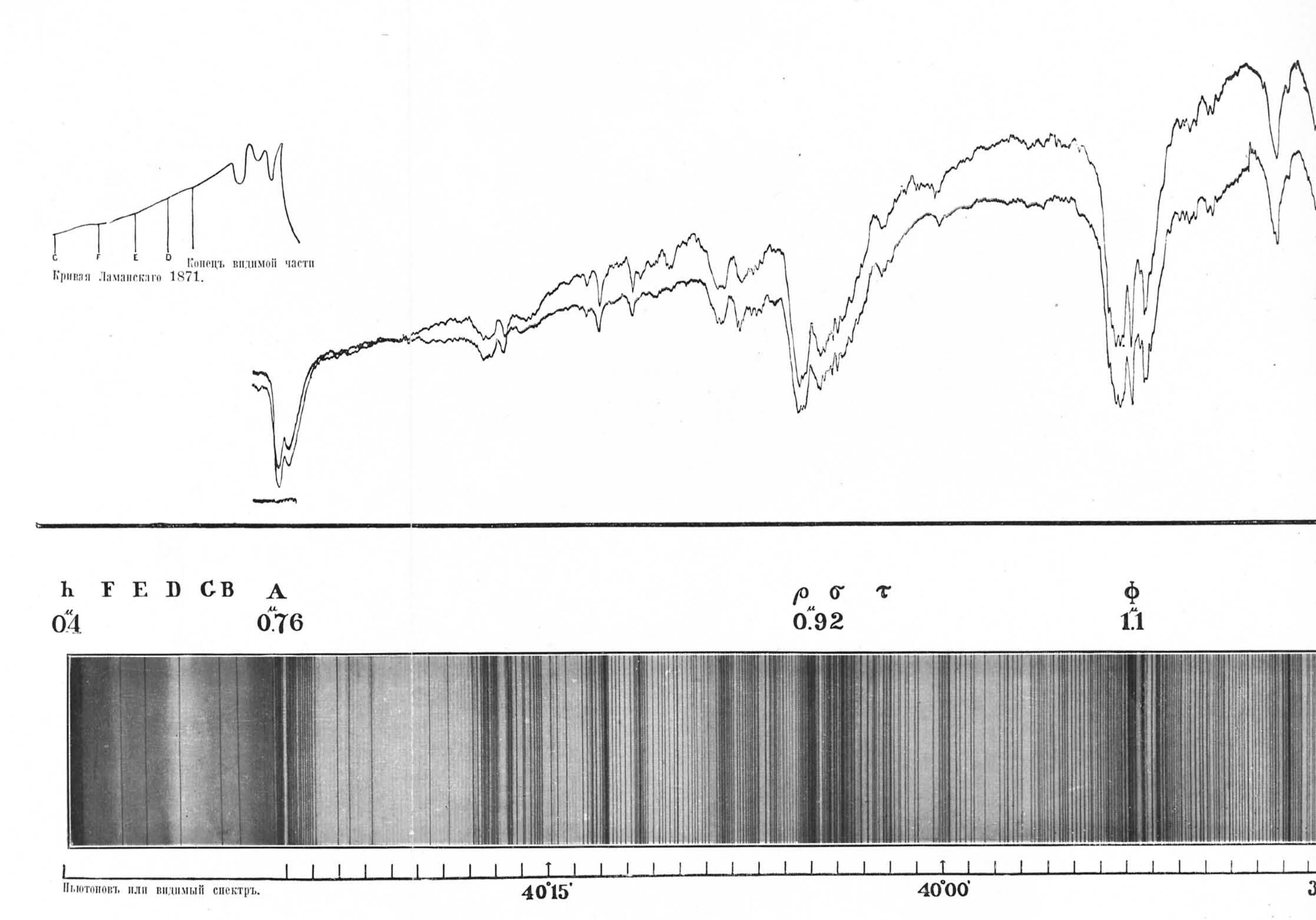
Мы знаемъ, что при помощи спектроскопа (см. главу о свѣтѣ) можно разложить свѣтъ отъ какого-либо источника на составные его цвѣта. Свѣтъ раскаленнаго до-бѣла тѣла распадается на цвѣта радуги. Мы видали, что все больше и больше раскаляющееся тѣло проходитъ послѣдовательно, начиная съ краснаго каленія, всѣ цвѣта радуги, пока, наконецъ, не достигнетъ бѣлаго каленія. Потому мы могли бы предположить, что тепловые лучи накаленнаго до-бѣла тѣла, составлены изъ всѣхъ этихъ разной длины волнъ. Есть такія тѣла, которыя пропускаютъ и преломляютъ тепловые лучи, какъ стекло свѣтовые; мало того, такъ какъ тепловые и свѣтовые лучи тождественны, то нѣкоторыя тѣла, дѣйствующія на волны той длины, при которой получаются видимые свѣтовые лучи, оказываютъ вліяніе и на волны сравнительно большей длины, получающіяся при нагрѣваніи до менѣе высокихъ температуръ. Благодаря этому, мы можемъ расширить спектръ, присоединивъ къ нему тепловой спектръ. Изслѣдованія этого рода ведутся при помощи очень чувствительныхъ къ тепловымъ дѣйствіямъ инструментовъ, — термомультипликатора и болометра, въ которыхъ важную посредствующую роль играетъ электричество. Это заставляетъ насъ отложить описаніе болометра на дальнѣйшіе отдѣлы книги.

У насъ, на прилаг. изобр., воспроизведенъ тепловой спектръ солнца, полученный при помощи такихъ инструментовъ. Это и есть знаменитый, такъ называемый, „новый спектръ“ Лангле я, надъ установленіемъ котораго американскій астрофизикъ работалъ 20 лѣтъ. Слѣва изображеніе видимой части солнечнаго спектра. Мы видимъ, что въ той части спектра, гдѣ дѣйствіе свѣта значительно ослаблено, получаются пересѣкающія его темныя линіи, линіи поглощенія: глубже значеніе ихъ мы можемъ выяснить лишь въ главѣ о свѣтѣ. Въ тѣхъ мѣстахъ свѣтового спектра, гдѣ находятся эти темныя линіи, наблюдается и значительное ослабленіе тепловыхъ дѣйствій; тепловой спектръ, слѣдовательно, вполнѣ совпадаетъ съ свѣтовымъ. Напротивъ того, въ тепловомъ спектрѣ есть часть, выступающая значительно за предѣлы спектра свѣтового; ее производятъ тепловые лучи, по размѣрамъ волнъ своихъ, лежащіе ниже краснаго каленія. Линія поглощенія A опредѣляетъ собой приблизительно край краснаго конца видимаго спектра. Какъ показали новѣйшія изслѣдованія, она соотвѣтствуетъ длинѣ волны приблизительно въ 0,0008 мм. Ланглей, какъ видно изъ помѣщеннаго у насъ изображенія его спектра, дошелъ до тепловыхъ лучей съ длиной волны въ 0,005 мм.

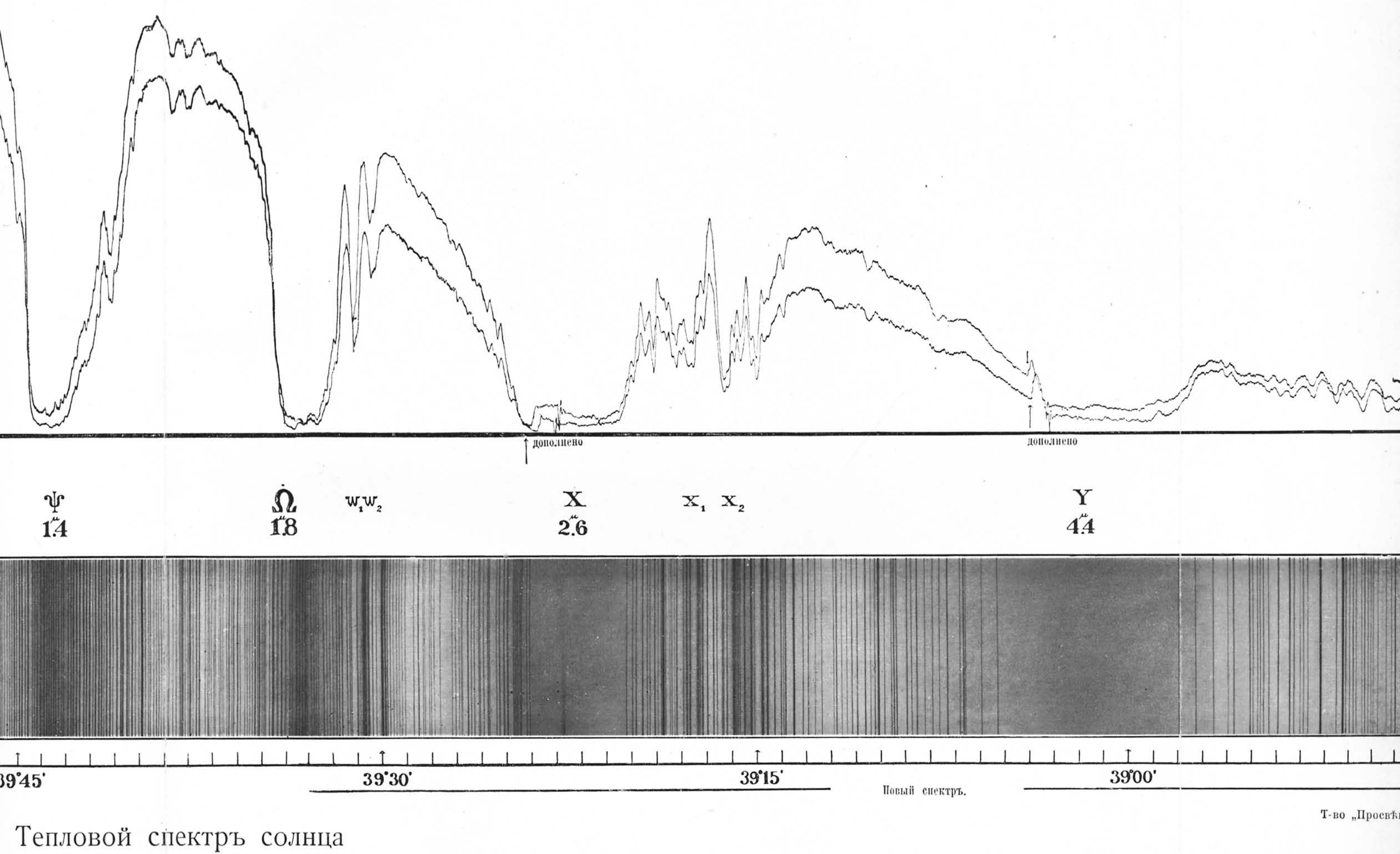
Если нашъ тепловой спектръ не идетъ дальше лучей только что сказанной длины волны, то причина этого лежитъ лишь въ томъ, что при наличности имѣющихся у насъ въ распоряженіи средствъ мы не можемъ прослѣдить менѣе значительныхъ дѣйствій лучистой теплоты, что они отъ насъ ускользаютъ. Въ дѣйствительности же, при всѣхъ температурахъ, то есть при всѣхъ скоростяхъ колебаній молекулъ тѣлъ, должны получаться волны всѣхъ длинъ, вплоть до безконечно длинныхъ волнъ, соотвѣтствующихъ абсолютному нулю. Такимъ образомъ, по міровому пространству несутся, производя свое дѣйствіе, волны эфира, длина которыхъ измѣряется не только метрами, а цѣлыми милями.

Среди такихъ волнъ будутъ волны, по размѣрамъ своимъ равныя звуковымъ. Быть можетъ, здѣсь будетъ нелишнимъ подчеркнуть, что было бы большой ошибкой перейти отъ дѣйствительно имѣющагося на лицо факта незамѣтнаго превращенія тепловыхъ колебаній въ свѣтовыя, къ предположенію о какихъ-либо соотношеніяхъ между звукомъ и теплотой. Звуковыя волны ничто иное, какъ колебательныя движенія молекулъ самого воздуха, тогда какъ волны лучистой теплоты представляютъ изъ себя тѣ колебательныя движенія атомовъ эѳира, которыя безъ задержки проносятся въ промежуткахъ между воздушными молекулами. Итакъ, оба явленія происходятъ, дѣйствительно, рядомъ другъ съ другомъ, какъ это мы уже замѣтили по поводу тепла и свѣта; но въ данномъ случаѣ явленія эти происходятъ въ совершенно различныхъ средахъ. Тѣмъ не менѣе, между обоего рода движеніями должны существовать соотношенія, такъ какъ соотношенія должны быть и между обѣими средами. Движенія воздуха сообщаются эѳиру, какъ тепловыя колебанія тѣлъ: звукъ является источникомъ лучистой теплоты, но настолько незначительнымъ, что теплота отъ нашихъ наблюденій ускользаетъ.

Съ другой стороны, звуковыя колебанія можно съ полнымъ правомъ сопоставить съ тѣми междумолекулярными колебаніями, которымъ мы дали названіе температуры. Разница въ томъ, что перваго рода колебанія захватываютъ сразу сравнительно очень большія толщи матеріи; источникъ звука приводитъ въ колебательное состояніе очень большія массы воздуха, температурныя же колебанія не выходятъ изъ предѣловъ молекулярныхъ дѣйствій. При повышеніи скорости звуковыхъ колебаній, скажемъ, въ твердыхъ тѣлахъ мы всегда дойдемъ до такого предѣла, когда начнутъ получаться звуковыя волны такой длины, что переходъ звуковыхъ колебаній въ тепловыя станетъ неизбѣжнымъ, то есть, когда звукъ долженъ будетъ перейти въ теплоту. До извѣстной степени это наблюдается уже и въ нормальныхъ условіяхъ. Получающіяся въ воздухѣ при звуковыхъ колебаніяхъ сгущенія производятъ, какъ всякое другое сгущеніе, теплоту. Часть энергіи, сообщаемой возбудителемъ звука воздуху, переходитъ, стало быть, въ тепло, и такъ какъ слѣдующія одно за другимъ звуковыя колебанія смѣняются быстро, теплота не успѣваетъ разсѣяться. Такимъ образомъ, это тепло производитъ обратное опредѣленное дѣйствіе на скорость звука; оно нѣсколько увеличиваетъ опредѣляемую

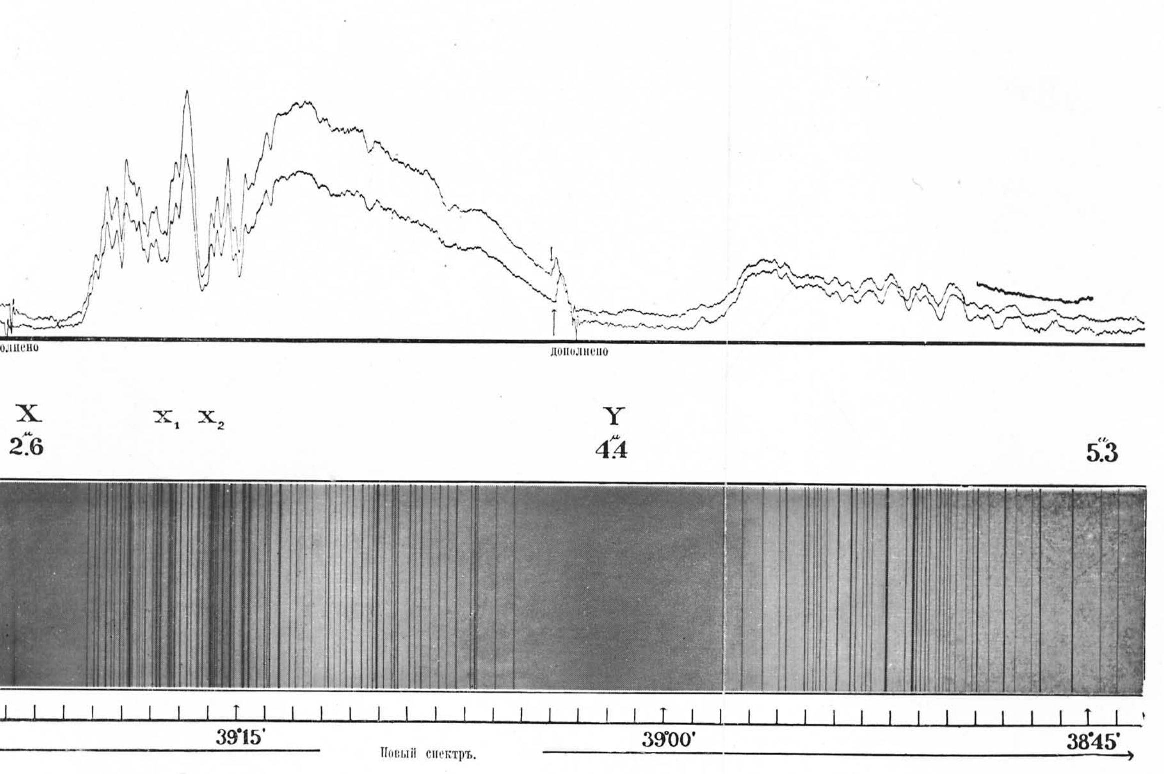


C F E D Конецъ видимой части
Кривая Ламанскаго 1871.
h F E D C B A
ρ σ τ
Φ
0.4
0.76
0.92
1.1
Ньютоновъ или видимый спектръ.
40°15'
40°00'



Тепловой спектръ солнца

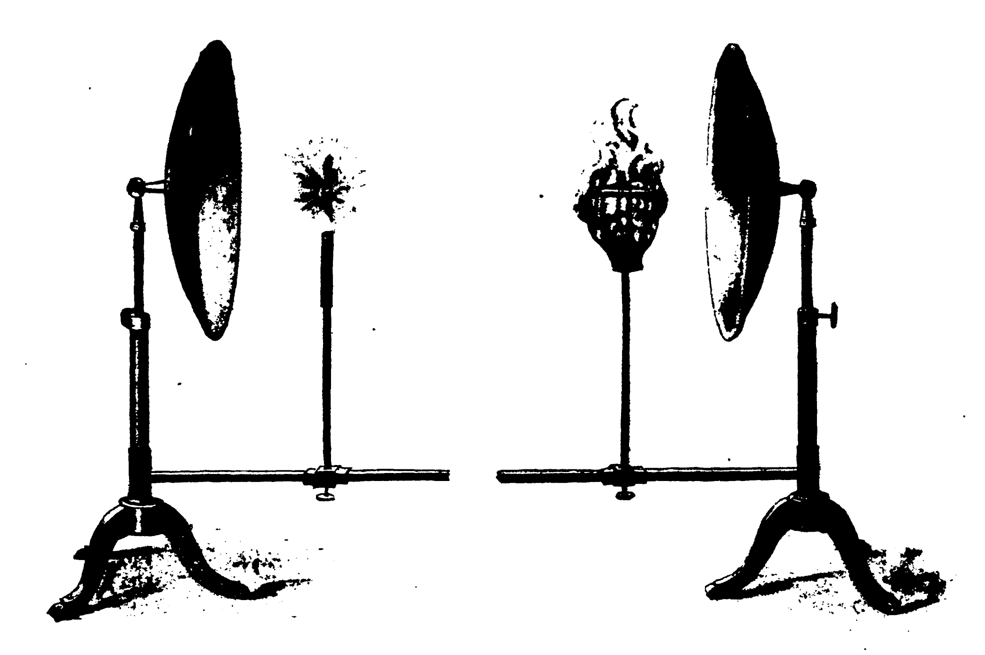
по *S. P. Langley.*



Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

на основаніи одной кинетической теоріи газовъ скорость молекулъ воздуха. Теорія говоритъ, что это увеличеніе зависитъ отъ обѣихъ удѣльныхъ теплотъ воздуха c_p и c_v (см. стр. 151). Вычисленіе показываетъ, что оно равно 1,41. Мы уже разъ пользовались этимъ числомъ въ главѣ о звукѣ (см. стр. 122).

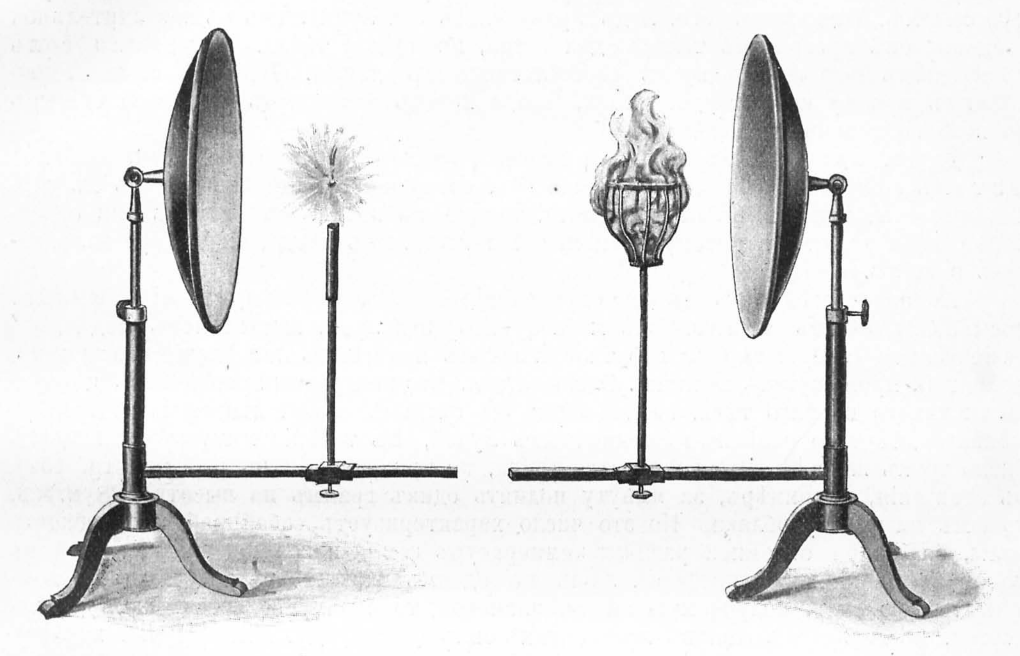
Всѣ явленія, съ которыми мы познакомились при изученіи звука, повторяются, поскольку они не физіологическаго характера, и въ области лучистой теплоты; подробнѣе изучимъ мы ихъ въ главѣ о свѣтѣ. Всѣ роды волнообразнаго движенія, пока рѣчь идетъ о чисто механическихъ ихъ свойствахъ, должны имѣть одни и тѣ же свойства. Тѣ самыя зеркала, которыя производятъ отраженіе звука, будутъ отражать и тепло. Если въ фокусѣ одного изъ двухъ вогнутыхъ зеркалъ,



Зажигательныя зеркала. См. текстъ ниже.

которыми мы пользовались (рисунокъ на стр. 128) въ опытѣ съ часами, помѣстить источникъ тепла,—пусть, напримѣръ, тамъ проскакиваетъ электрическая искра,— то въ фокусѣ другого такого зеркала произойдетъ воспламененіе помѣщеннаго тамъ кусочка пироксилина (см. рисунокъ выше). Слово **фокусъ** (Brennpunkt) на это самое свойство и указываетъ. Тепло, какъ и звукъ, также отражается лучше отъ гладкихъ полированныхъ тѣлъ, чѣмъ отъ тѣлъ шероховатыхъ, но по отношенію къ теплотѣ это понятіе „шероховатый", въ виду сравнительно большой деликатности той среды, которая является носителемъ тепла, слѣдуетъ понимать въ особенно утонченномъ смыслѣ. Поверхность, на которую нанесенъ тонкій слой сажи, по отношенію къ тепловымъ и свѣтовымъ лучамъ является совершенно шероховатой, она вбираетъ въ себя всѣ эти лучи, она поглощаетъ ихъ, она не отражаетъ ихъ. Эти тѣла, поглощающія всѣ тепловые лучи, называютъ **абсолютно черными**. Явленіе **интерференціи**, которое мы наблюдали при изученіи звука, состоящее въ томъ, что два лучеобразно распространяющихся дѣйствія, изъ коихъ одно отстаетъ отъ другого на полъ-волны, накладываясь другъ на друга, взаимно уничтожаются, — явленіе это мы встрѣчаемъ и въ дѣйствіяхъ лучистой теплоты.

Другія соотношенія извѣстны намъ лишь въ видѣ взаимодѣйствій тепла и свѣта, такъ какъ они слишкомъ деликатны, чтобы стать замѣтными въ такой грубой средѣ, какъ воздухъ. Лучи тепловые и свѣтовые могутъ проходить черезъ рядъ веществъ почти безпрепятственно; по отношенію къ нимъ тѣла раздѣляются



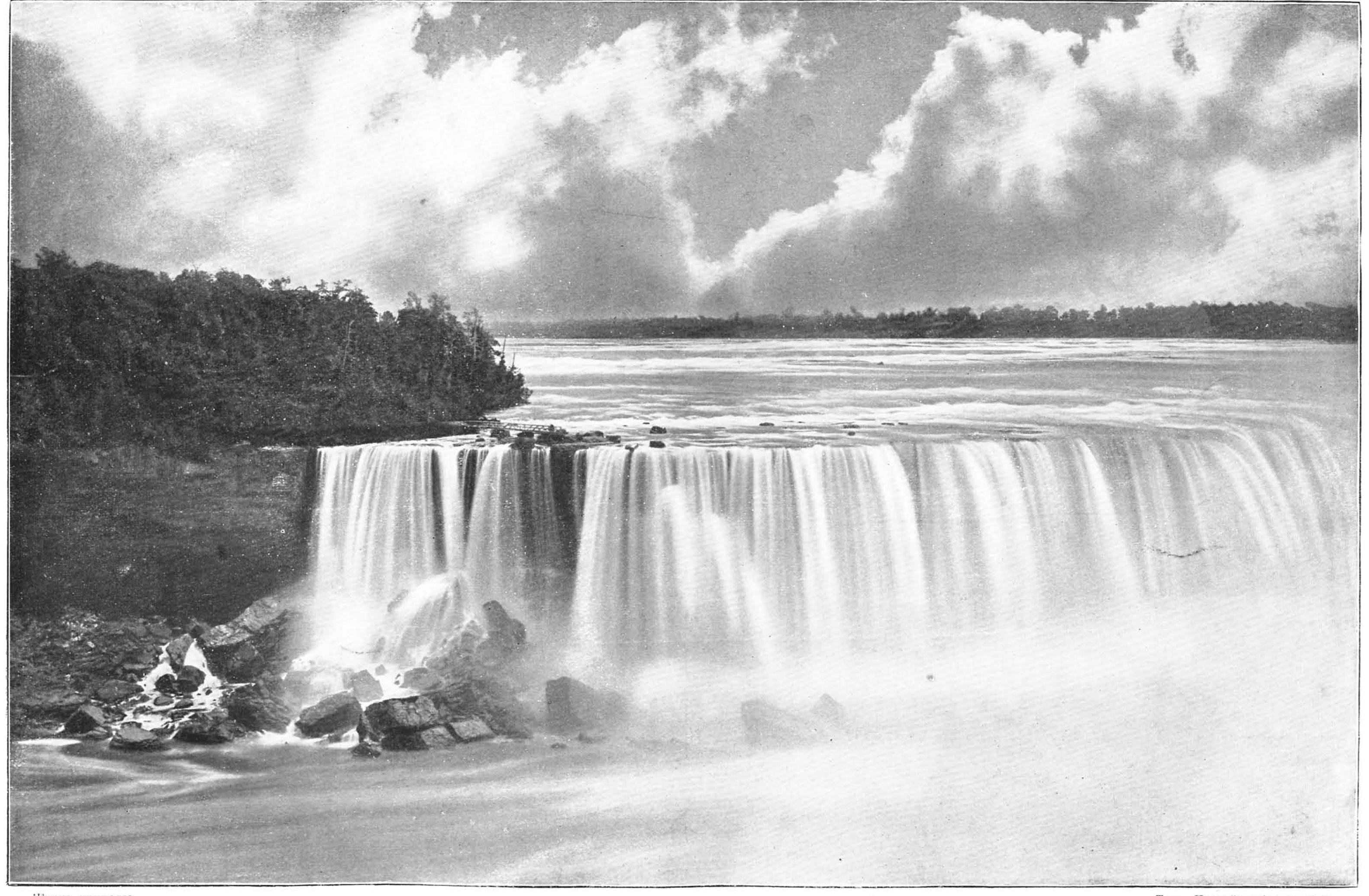
Зажигательныя зеркала. См. текстъ ниже.

на прозрачныя и непрозрачныя. Говоря о тепловыхъ лучахъ, слѣдуетъ примѣнять термины: теплопрозрачный и нетеплопрозрачный. Различная степень проходимости веществъ обусловливаетъ измѣненіе первоначальнаго направленія лучей: лучи преломляются: преломленіе это зависитъ отъ плотности проходимаго лучомъ вещества и отъ длины волны самого луча, проникающаго въ это вещество. Всѣ эти обстоятельства болѣе подробно будутъ изучены при разсмотрѣніи явленій свѣта, теперь же мы хотимъ только отмѣтить тотъ фактъ, что, не взирая на тождественность лучей тепловыхъ и свѣтовыхъ, не всѣ прозрачныя вещества будутъ въ то же время и теплопрозрачными. Смѣсь іода съ сѣрнистымъ углеродомъ почти совсѣмъ непрозрачна, но тепловые лучи, не принадлежащіе къ области видимаго спектра, она пропускаетъ; лучи эти носятъ названіе инфра-красныхъ. Напротивъ того, ледъ пропускаетъ эти лучи лишь въ незначительной степени: онъ прозраченъ только для свѣта, но не для тепла. Каменная соль пропускаетъ всю шкалу волнъ соотвѣтственныхъ длинъ. Поэтому обыкновенно дѣлаютъ призму изъ каменной соли, когда хотятъ развернуть тепловой спектръ во всей возможной его полнотѣ.

Другія явленія, напримѣръ, равенство испускательной и поглощательной способностей веществъ, совершенно одинаковы какъ въ случаѣ теплоты, такъ и въ случаѣ свѣта, только въ послѣднемъ случаѣ они отчетливѣе выступаютъ, а потому займемся мы ими лишь тогда, когда будемъ говорить о свѣтѣ.

Интересъ представляетъ еще опредѣленіе силы лучеиспусканія солнца, посылающаго намъ тепло. Чтобы получить эти лучи, выставляемъ подъ дѣйствіе солнца совершенно черное тѣло и затѣмъ измѣряемъ нагрѣваніе его за опредѣленный промежутокъ времени. Оказывается, что квадратный сантиметръ поверхности такого чернаго тѣла, помѣщеннаго на границѣ нашей атмосферы и подверженнаго дѣйствію отвѣсныхъ солнечныхъ лучей, въ теченіе минуты поглощаетъ около трехъ калорій. Это количество тепла, по превращеніи въ работу (стр. 152), въ состояніи, напримѣръ, за минуту поднять одинъ граммъ на высоту 428 м.$\times$3, то есть на высоту облака. Но это число характеризуетъ собой работоспособность силы, благодаря огромной разницѣ температуръ земли и солнца, притекающей къ поверхности нашей атмосферы, лишь на одномъ сантиметрѣ ея. Если же подсчитать всю силу, получаемую нашей планетой, то она исчисляется, какъ оказывается, въ 36000 милліоновъ лошадиныхъ силъ въ секунду. Атмосферная машина, приходя въ мощное свое круговращеніе, затрачиваетъ на это около половины всей этой работы. Почти вся другая половина ея попадаетъ на поверхность земли, согрѣваетъ ее, даетъ начало всѣмъ возбуждающимъ и ускоряющимъ жизнь процессамъ, восхищенными свидѣтелями которыхъ мы бываемъ ежедневно. Такія величественныя проявленія природы, какъ Ніагарскій водопадъ (см. приложеніе „Ніагарскій водопадъ"), который развиваетъ въ секунду около 17 милліоновъ лошадиныхъ силъ, потребляютъ лишь ничтожную долю того тепла, которое непрестанно изливается на насъ изъ солнца. Въ свою очередь, человѣкъ можетъ превратить въ полезную работу лишь совершенно ничтожную долю этой доли; такого рода примѣненіе этой силы мы видимъ на помѣщенномъ на стр. 187 рисункѣ турбинъ на Ніагарѣ, при помощи которыхъ добываютъ электричество.

Пробовали сравнить количество тепла, посылаемаго намъ солнцемъ съ разстоянія 20 милліоновъ миль съ лучистой теплотой тѣла, температура котораго намъ извѣстна; такимъ путемъ думали опредѣлить температуру солнца. Но при разрѣшеніи этого вопроса мы наталкиваемся на большія трудности какъ теоретическаго, такъ и практическаго характера, такъ какъ у насъ еще нѣтъ данныхъ для сколько-нибудь удовлетворительнаго сужденія относительно тѣхъ высокихъ температуръ, съ какими здѣсь приходится имѣть дѣло. Поэтому результаты такихъ вычисленій еще въ самое недавнее время значительно разнились другъ отъ друга, будучи заключены между двумя предѣльными температурами: между 10 милліонами градусовъ и 5000°. Теперь мы склонны думать, какъ мы уже упоминали по другому поводу, что температура солнечной поверхности заключается между 6000° и 8000°.



Жизнь природы.

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Ніагарскій водопадъ.

Съ фотографіи.

Изъ всей силы великаго центральнаго свѣтила доходитъ до земли, какъ было уже упомянуто въ началѣ этой главы, лишь 2725 милліонная часть ея. Столь же малыя доли ея падаютъ на прочія планеты; все же остальное количество излучается, повидимому, безъ опредѣленнаго назначенія въ безвоздушное міровое пространство. На самомъ же дѣлѣ каждый солнечный лучъ долженъ встрѣтить гдѣ-нибудь въ мірозданіи другую звѣзду или другое скопленіе матеріи, которымъ онъ и отдастъ принесенную съ нимъ энергію. Температуры обнаруживаютъ стремленіе къ уравненію не только у насъ на глазахъ, въ тѣсныхъ предѣлахъ

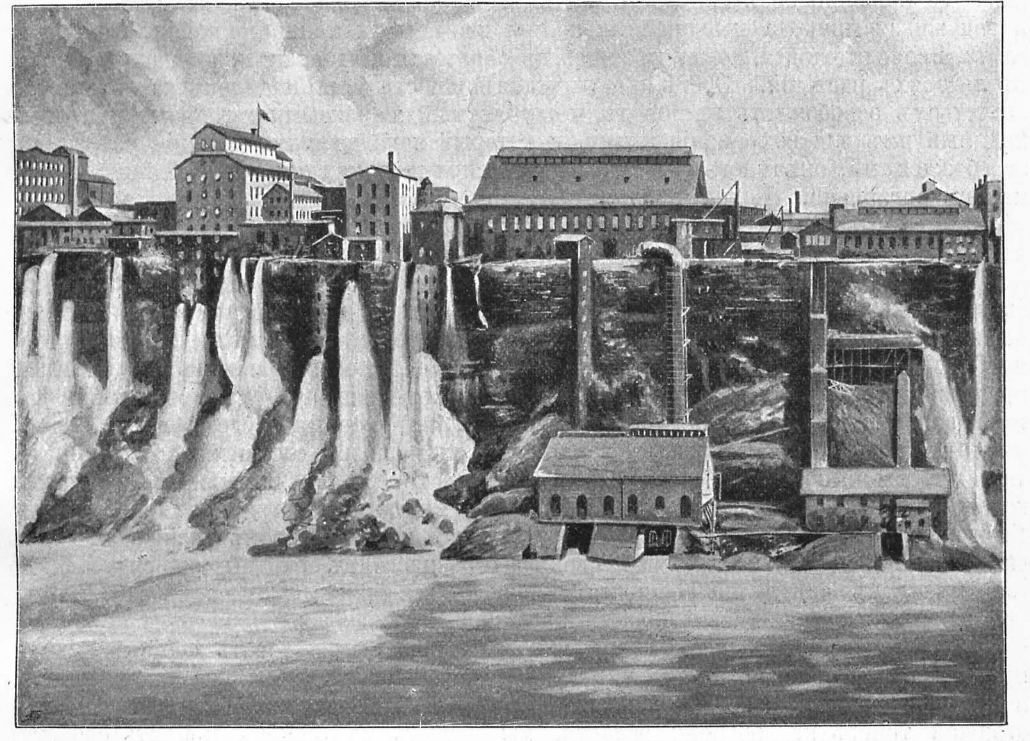


Электрическая станція для передачи силы водопада на Ніагарѣ. Съ фотогр. См. текстъ, стр. 186.

нашей земли, но и въ самыхъ отдаленныхъ областяхъ неба; повсюду постоянныя столкновенія между молекулами уменьшаютъ размѣры ихъ колебаній, температуры тѣлъ падаютъ, и способность производить работу во-внѣ уменьшается; въ то же время междумолекулярныя силы, которыя, какъ мы вспомнимъ, названы нами связанной теплотой, увеличиваются. Такимъ образомъ, повсюду, гдѣ только имѣется разница температуръ, наблюдается превращеніе силы живой въ силу скрытую. Въ то время, какъ общая сумма энергіи вселенной не измѣняется, какъ это слѣдуетъ изъ основного начала мірового бытія, изъ закона сохраненія энергіи, по формѣ своей силы постоянно измѣняются и притомъ только въ одномъ направленіи. Это положеніе вещей выражаютъ, говоря, что энтропія постоянно возрастаетъ. Мы уже имѣли случай (стр. 147) указать на существованіе такихъ соотношеній и, когда всѣ формы энергіи въ природѣ будутъ нами изучены, мы вернемся къ этому вопросу еще разъ.

8. Свѣтъ.

Всѣ, кто созерцаетъ развертывающуюся предъ нимъ картину природы, кто проникаетъ взоромъ далеко вглубь вселенной, вплоть до крайнихъ ея предѣловъ, или же слѣдитъ за окружающими насъ событіями повседневной жизни, знаютъ, что среди силъ природы свѣтъ является силой еще болѣе распространенной,



Электрическая станція для передачи силы водопада на Ніагарѣ. Съ фотогр. См. текстъ, стр. 186.

чѣмъ даже теплота; исходя изъ милліоновъ солнцъ, серебряными нитями прорѣзываетъ онъ міровое пространство и пробуждаетъ у насъ на землѣ жизнь и радость. Вмѣстѣ съ теплотой, частичное проявленіе которой онъ на самомъ дѣлѣ лишь и представляетъ, и неотдѣлимо отъ нея онъ является насущнымъ условіемъ жизни. У насъ, на землѣ, въ тѣхъ мѣстахъ, куда, напримѣръ, какъ въ глубь океана, уже не достигаютъ лучи общаго источника силы, солнца, живая природа творитъ свѣтъ изъ себя самой, надѣляя свои созданія свѣтящимися органами. Но еслибъ какое-нибудь несчастное существо и могло обойтись въ своемъ существованіи совершенно безъ свѣта, то все-таки не только жизнь такихъ существъ, но и вся живая природа мыслимы лишь при наличности таинственной дѣятельности свѣта, проявляющейся, между прочимъ, въ образованіи зеленаго красящаго вещества въ листьяхъ растеній. Этотъ продуктъ дѣятельности свѣта надѣленъ характернымъ свойствомъ освобождать кислородъ, потребляемый животными организмами и необходимый имъ для сохраненія жизни, и который попадаетъ въ растеніе изъ земли; освобожденный, онъ вновь можетъ быть воспринятъ нами и переработанъ внутри нашего организма. Если-бъ солнце перестало свѣтить, то намъ угрожала бы столь вѣрная смерть отъ задушенія, какъ въ томъ случаѣ, если-бъ мы остались безъ воздуха.

Свѣтъ излучается по направленію къ намъ изъ отдаленнѣйшихъ міровыхъ свѣтилъ, которыя даже нашему изощренному глазу представляются точками, не имѣющими діаметра. Изъ всѣхъ дѣйствій природы свѣтъ является дѣйствіемъ наиболѣе въ нашъ умъ врѣзывающимся, наиболѣе осязательнымъ; нашъ глазъ представляетъ собой чрезвычайно чувствительный органъ. Для выдѣленія изъ всей совокупности явленій той области ихъ, которую мы будемъ изучать подъ именемъ свѣта, намъ не придется прибѣгать къ разнымъ сложнымъ объясненіямъ, какъ это мы вынуждены были сдѣлать въ главѣ о теплотѣ, для прямого воспріятія которой наши органы приспособлены лишь въ весьма ограниченной степени. Если впослѣдствіи мы и встрѣтимъ такія дѣйствія, которыя, кромѣ физіологическихъ свойствъ, по всѣмъ остальнымъ своимъ особенностямъ сходны со свѣтомъ, но глазомъ, какъ свѣтъ, не воспринимаются, то все-таки мы отнесемъ ихъ все къ той же рѣзко ограниченной области явленій.

Самъ глазъ, при помощи котораго мы будемъ изслѣдовать свойства свѣта, представляетъ собой оптическій инструментъ; объ этомъ мы упоминали уже во введеніи. Въ силу этого можно было бы выразить опасеніе, что, при изслѣдованіи стоящей теперь на очереди области, мы можемъ по ошибкѣ принять свойства нашего глаза за общія свойства свѣта, такъ какъ надъ глазомъ высшей контролирующей инстанціи чувствъ уже не имѣется. Но по этому поводу уже во введеніи мы отмѣтили, что всѣ наши соображенія, служащія исходной точкой при отысканіи законовъ, основываются на методѣ совпаденій, при примѣненіи котораго на долю глаза выпадаетъ лишь роль какъ бы утонченнаго осязанія; остальныя заключенія вытекаютъ отсюда уже путемъ какъ бы геометрическимъ, логическимъ. Поэтому изслѣдованіе и выясненіе особенностей оптическихъ свойствъ глаза мы отложимъ для большей успѣшности на дальнѣйшее время, когда мы уже будемъ располагать извѣстнымъ числомъ фактовъ, относящихся къ явленіямъ свѣта.

а) Законы прямолинейнаго распространенія свѣта.

Наиболѣе общимъ изъ этихъ фактовъ является лучеобразное распространеніе свѣта, исходящаго изъ какого-либо свѣтящагося предмета. По первому же впечатлѣнію мы удостовѣряемся, что изъ источника свѣта равномѣрно во всѣ стороны, по прямымъ линіямъ, распространяется нѣчто такое, что, попадая въ глазъ, вызываетъ въ немъ ощущеніе свѣта, а падая на другія темныя тѣла дѣлаетъ ихъ видимыми. Прямолинейность распространенія свѣта стоитъ, какъ это видно изъ формы тѣней, образующихся позади темныхъ, освѣщенныхъ какимъ-либо источникомъ свѣта, тѣлъ, внѣ сомнѣнія. Контуры этихъ тѣней могутъ быть образованы касательными къ темнымъ тѣламъ, проведенными нами изъ источника свѣта. Чтобы по заданнымъ условіямъ построить изображеніе тѣни,

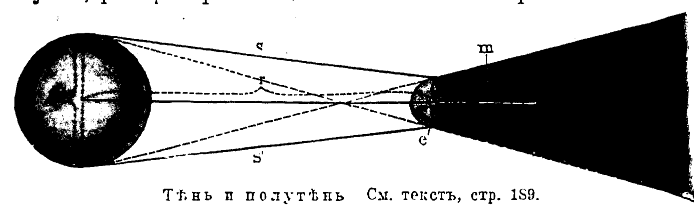
намъ не надо знать другихъ свойствъ свѣта; но сказанное свойство свѣта не имѣетъ физическаго характера, это свойство геометрическое. Тѣмъ не менѣе, для лучшаго пониманія того, что будетъ изложено впослѣдствіи, необходимо заняться этой геометрической оптикой.

Одной изъ наиболѣе выдающихся ея задачъ является предвычисленіе особенныхъ условій, имѣющихъ мѣсто при затменіяхъ небесныхъ свѣтилъ. Если земля очутится между солнцемъ и луной, то мы увидимъ, какъ луна, благодаря своему движенію, станетъ медленно входить въ тѣнь, отбрасываемую нашей планетой. Если мы желаемъ опредѣлить моменты вступленія въ тѣнь и выхода изъ нея, то мы должны располагать астрономическими данными относительно положенія, величинъ и движенія нашихъ небесныхъ тѣлъ, и, сверхъ того, должны знать точно видъ тѣней, отбрасываемыхъ разсматриваемыми нами темными тѣлами. Еслибъ солнце было лишь свѣтящейся точкой, то наша задача разрѣшалась бы очень просто: намъ достаточно было бы построить коническую поверхность съ вершиной въ солнцѣ и боковой поверхностью, касающейся тѣла, отбрасывающаго тѣнь, то есть въ случаѣ луннаго затменія,—касающейся земли. Продолживъ эту боковую поверхность за предѣлы земли, мы увидимъ, что она облекаетъ собой земную тѣнь: діаметръ послѣдней на разстояніи луны опредѣляется легко, и такимъ образомъ у насъ будутъ всѣ подробности, касающіяся условій затменія. Намъ надо лишь имѣть, въ какой бы то ни было единицѣ, выраженія разстояній трехъ небесныхъ свѣтилъ другъ отъ друга и размѣровъ земли. Пусть радіусъ земли равенъ 1, ея разстояніе отъ солнца r, а отъ луны m. При помощи простого геометрическаго построенія мы найдемъ, что радіусъ земной тѣни въ мѣстѣ, отстоящемъ отъ земли на разстояніи луны, равенъ $1 + \frac{m}{r}$. Для нашихъ свѣтилъ это отношеніе $\frac{m}{r}$ равно 1:387. Стало быть, на данномъ разстояніи отъ земли діаметръ земной тѣни будетъ больше діаметра земли на эту долю единицы. На самомъ же дѣлѣ, это соотношеніе совсѣмъ не выполняется. По кривизнѣ тѣни, вырисовывающейся на лунѣ, при лунныхъ затменіяхъ, можно легко найти ея діаметръ сначала въ доляхъ видимаго діаметра луны, а затѣмъ уже и въ доляхъ дѣйствительнаго діаметра земли. Діаметръ земной тѣни, какъ показываетъ наблюденіе, равняется приблизительно двумъ третямъ земного діаметра, стало быть, онъ не больше, а меньше діаметра земли. Причина такого результата чисто геометрическая: солнце представляетъ изъ себя свѣтящееся тѣло, занимающее извѣстную часть пространства, и притомъ оно больше земли. Изъ рисунка, помѣщеннаго на стр. 190 вверху, это видно сразу. S діаметръ солнца, e діаметръ земли; m и r имѣютъ то же значеніе, что и раньше. Разсмотримъ лучи, выходящіе изъ двухъ точекъ, лежащихъ по обоимъ концамъ S, и касающіеся земли. Полная темнота царитъ лишь въ той части тѣни, образующейся позади земли, которая ограничена лучами s и s_1; эту область называютъ полной тѣнью. Между ней и крайними лучами, лежащими на самой границѣ конуса тѣни и исходящими изъ верхняго и нижняго краевъ солнца, находится область, куда попадаютъ лучи не отъ всѣхъ точекъ солнца; эта область носитъ названіе полутѣни. Простыя геометрическія соображенія показываютъ, что на разстояніи луны радіусъ тѣни равенъ $1 - \frac{m}{r}(S-1)$, если за единицу принять снова радіусъ земли. $S = 108$; искомый радіусъ земной тѣни равенъ, стало быть, $1 - \frac{107}{387}$, или 0,723; это составляетъ приблизительно три четверти земного радіуса.

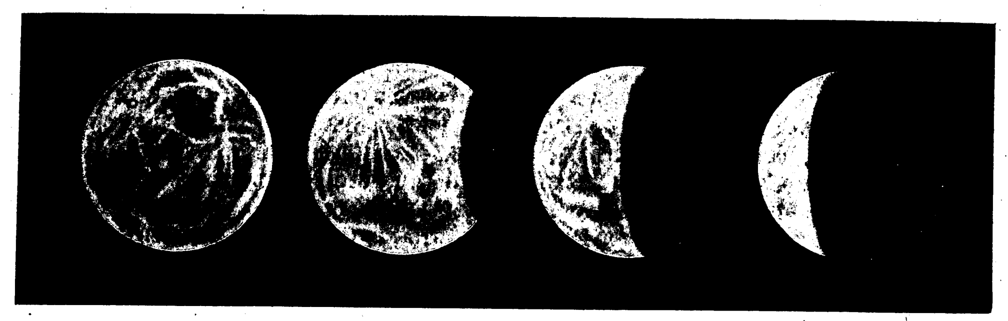
Радіусъ луны въ 3,66 раза меньше радіуса земли, проэкція тѣни на луну, имѣющая видъ круга, представится тамъ кругомъ въ ($3{,}66 \times 0{,}723 =$) 2,65 раза большимъ, нежели дискъ самой луны. Изъ помѣщеннаго на стр. 190 снимка фазъ луннаго затменія мы видимъ, что въ дѣйствительности такъ и бываетъ.

При солнечныхъ затменіяхъ точно такимъ же образомъ можно опредѣлить конусъ тѣни, отбрасываемой луной; вершина его не всегда достигаетъ земли, а потому въ такихъ случаяхъ солнечное затменіе можетъ быть неполнымъ, несмотря на то, что лунный дискъ стоитъ прямо противъ центра солнца. Тогда вокругъ мѣсяца мы увидимъ незакрытое тѣнью узкое свѣтящееся кольцо; это за-

тменіе кольцеобразное. Чрезвычайно наглядно обнаруживается прямолинейность распространенія свѣтовыхъ лучей на фотографическихъ изображеніяхъ, получающихся въ такъ называемыхъ камерахъ обскурахъ съ простымъ отверстіемъ (см. рисунокъ на стр. 191). Мы говорили объ этихъ изображеніяхъ уже во введеніи (стр. 34). Изъ лучей, распространяющихся по всѣмъ направленіямъ изъ каждой точки освѣщеннаго предмета, попадаетъ въ находящееся на нѣкоторомъ разстояніи отъ предмета отверстіе только одинъ лучъ и черезъ это отверстіе онъ падаетъ на поставленный за нимъ экранъ. Такимъ образомъ, каждой точкѣ предмета соотвѣтствуетъ освѣщенная ея свѣтомъ точка на экранѣ; другими словами, на экранѣ получается точное изображеніе предмета; оно будетъ изображеніемъ обратнымъ, такъ какъ лучъ, идущій отъ точки, находящейся внизу предмета, на экранѣ попадаетъ въ точку, лежащую вверху и наоборотъ. Такое изображеніе получается на любомъ разстояніи отъ предмета, измѣняется въ зависимости отъ этого разстоянія лишь его величина. Если o величина предмета, r — его разстояніе отъ отверстія, r_1 — разстояніе полученнаго изображенія отъ отверстія, и наконецъ b — величина самого изображенія, то, по законамъ геометріи, мы получимъ такое соотношеніе $o : r = b : r_1$; словами оно выражается такъ: отношеніе величины предмета и его изображенія равно отношенію ихъ разстояній отъ отверстій. Каждый фотографъ-любитель, располагая самыми простыми средствами, можетъ убѣдиться въ справедливости этого положенія.

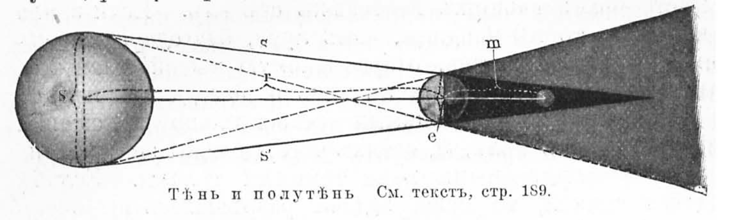


Тѣнь и полутѣнь. См. текстъ, стр. 189.

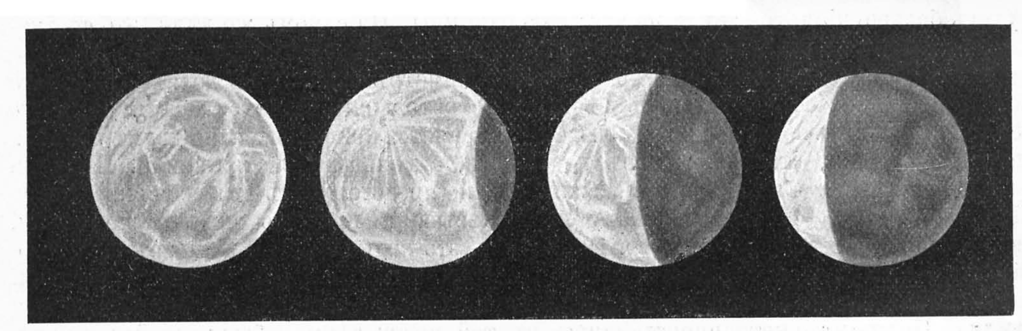

Фазы луннаго затменія. Изъ „Міозданія", В. Мейера. См. текстъ, стр. 189.

Звукъ распространяется отъ звучащаго тѣла также лучами, затрачивая на это распространеніе извѣстное время. Мы должны предположить, что это условіе будетъ имѣть силу и для распространенія свѣтовыхъ лучей, такъ какъ каждое дѣйствіе природы должно такъ или иначе протекать во времени. Но если мы въ состояніи уловить безъ особыхъ вспомогательныхъ средствъ, однимъ напряженіемъ вниманія, время распространенія звука, то свѣтъ въ предѣлахъ нашихъ земныхъ разстояній долженъ казаться намъ распространяющимся со скоростью безконечно большой. Скорость его удалось опредѣлить лишь путемъ изслѣдованія свѣтовыхъ лучей, идущихъ отъ одного свѣтила къ другому и проходящихъ при этомъ огромныя разстоянія. Вскорѣ послѣ открытія спутниковъ Юпитера замѣтили во вновь изобрѣтенный телескопъ, что времена ихъ обращеній, которыя вычисляются по погруженіямъ ихъ въ тѣнь, отбрасываемую Юпитеромъ, подвержены періодическимъ измѣненіямъ; измѣненія эти стояли въ зависимости отъ того, приближалась ли къ намъ система Юпитера или отъ насъ удалялась (см. рис., помѣщенный на стр. 192).

Разница во временахъ обращеній, соотвѣтствующихъ a и b положеніямъ наибольшаго и наименьшаго удаленія Юпитера отъ земли, будетъ больше чѣмъ 1000 секундъ. Разстояніе между этими точками въ круглыхъ числахъ равно 40



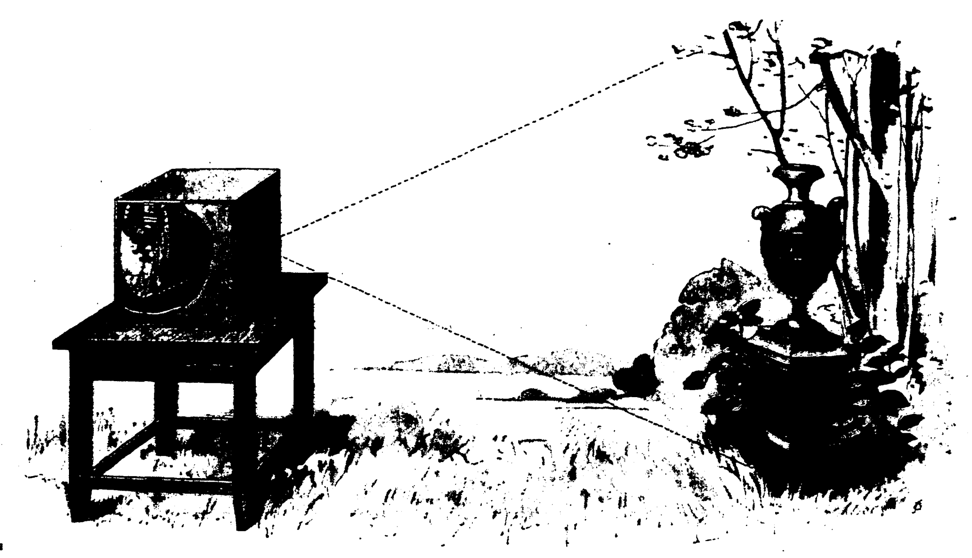
Тѣнь и полутѣнь См. текстъ, стр. 189.



Фазы луннаго затменія. Изъ „Мірозданія", В. Мейера. См. текстъ, стр. 189.

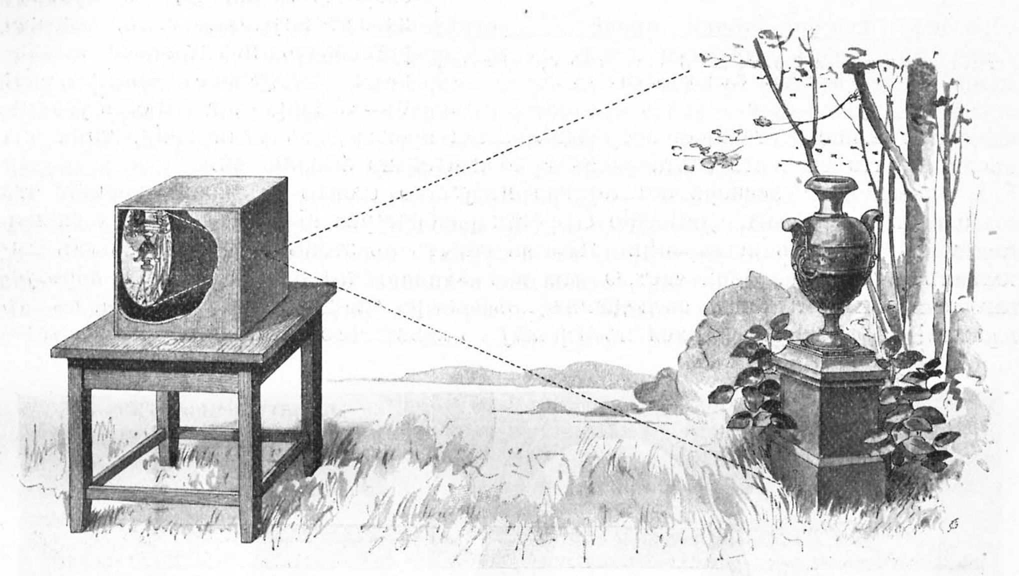
милліонамъ миль. Эти замедленія или ускоренія момента наступленія затменій можно было объяснить только тѣмъ, что свѣтъ затрачивалъ эти 1000 секундъ на прохожденіе діаметра земной орбиты, то есть на пробѣгъ этихъ 40 милліоновъ миль. Отсюда мы получимъ, что скорость свѣта равна 40000 миль, или въ километрахъ круглымъ счетомъ 300000 км.

Время, затрачиваемое свѣтовыми лучами, направляющимися къ намъ изъ небесныхъ свѣтилъ, приходится во всѣхъ астрономическихъ выкладкахъ принять въ разсчетъ, если во время наблюденій измѣняются разстоянія между нами и этими свѣтилами. Солнечный свѣтъ затрачиваетъ на прохожденіе пространства, отдѣляющаго солнце отъ насъ, около 8 минутъ. Для Венеры это время распространенія свѣта до предѣловъ земли лежитъ въ предѣлахъ отъ 2 до 14 минутъ; на отда-



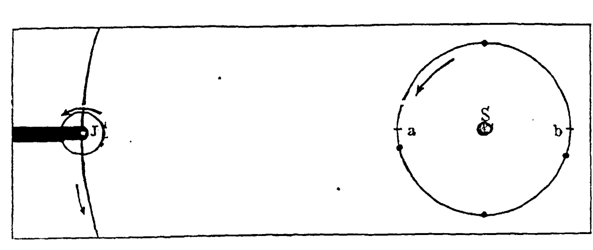
Полученіе изображенія въ камерѣ-обскурѣ съ простымъ отверстіемъ. См. текстъ, стр. 190.

леннѣйшую планету нашей системы,—Нептунъ, свѣтъ солнца доходитъ лишь спустя 4 часа и 8 минутъ. Какое-нибудь событіе, происшедшее на центральномъ нашемъ свѣтилѣ, скажемъ, внезапно выброшенный протуберансъ, былъ бы замѣченъ обитателями Нептуна лишь спустя цѣлыхъ 4 часа послѣ насъ. Путь между нами и ближайшей изъ извѣстныхъ намъ неподвижныхъ звѣздъ, то есть первой звѣздой въ южномъ созвѣздіи Кентавра, свѣтъ пробѣгаетъ лишь въ $4^1/_2$ года; безъ сомнѣнія, на небосклонѣ есть много такихъ звѣздъ, которыя исчезли уже много столѣтій тому назадъ, но послѣдніе лучи вышедшіе изъ нихъ все еще не дошли до насъ. Скорость свѣта опредѣляется изъ астрономическихъ наблюденій еще и другимъ путемъ. Изъ соображеній, приведенныхъ нами на стр. 75, мы уже знаемъ, что двѣ различныхъ причины движеній, дѣйствующихъ на одно и то же тѣло, даютъ, слагаясь по правилу параллелограмма силъ, въ результатѣ одно движеніе. То же явленіе мы будемъ наблюдать и въ томъ случаѣ, когда свѣтъ исходитъ изъ какой-нибудь неподвижной звѣзды. По отношенію къ ней мы и нашъ телескопъ не занимаемъ постоянно одного и того же положенія, такъ какъ наша земля движется съ весьма значительной скоростью по орбитѣ, описываемой ею вокругъ солнца. Направленіе, по которому мы будемъ видѣть эту неподвижную звѣзду, неизбѣжно явится составляющей изъ скорости свѣта и скорости движенія земли по ея орбитѣ. Мы понимаемъ, что, вслѣдствіе движенія земли вокругъ солнца, направленіе этой составляющей будетъ постоянно измѣняться и такимъ образомъ въ теченіе года, въ то время, какъ земля совершитъ полный кругъ своего обращенія, звѣзда опи-



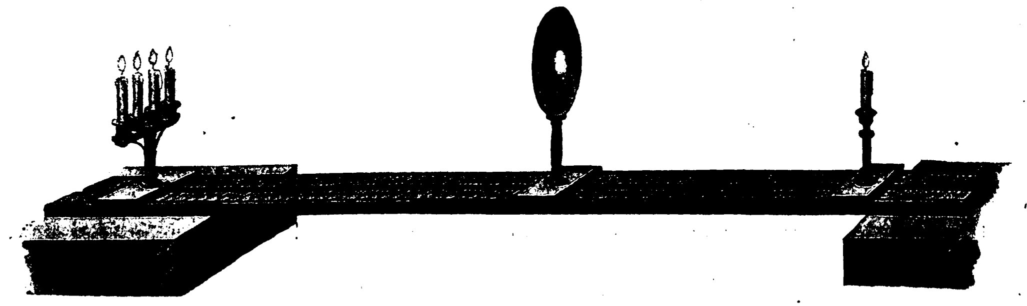
Полученіе изображенія въ камерѣ-обскурѣ съ простымъ отверстіемъ. См. текстъ, стр. 190.

шетъ, какъ намъ будетъ казаться, въ свою очередь, замкнутую орбиту; видъ этой кривой (эллипса) зависитъ отъ положенія ея по отношенію къ земной орбитѣ, а большія оси всѣхъ эллипсовъ, описываемыхъ, какъ намъ кажется, неподвижными звѣздами, имѣютъ одну и ту же величину; отсюда мы можемъ уже прямо получить отношеніе скорости свѣта къ скорости перемѣщенія земли. Само явленіе носитъ названіе аберраціи неподвижныхъ звѣздъ. Большая полуось описываемыхъ ими ежегодно эллипсовъ равна, какъ оказалось, 20,492 секундамъ (дуговымъ). Если v скорость обращенія земли по ея орбитѣ, а G скорость свѣта, то, по правилу параллелограмма силъ, можно установить между этими величинами слѣдующее соотношеніе: $v = G \tan \alpha$, гдѣ α есть указанная нами выше постоянная аберраціи. Если произведемъ вычисленія, то снова получимъ, что скорость свѣта равна приблизительно 300,000 км.



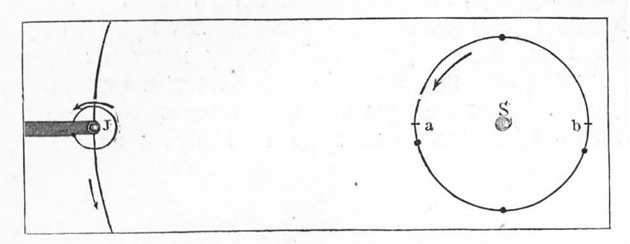
Затменіе спутника Юпитера. S солнце; ab орбита земли, J Юпитеръ. См. текстъ, стр. 190.

Современное экспериментаторское искусство стоитъ на такомъ уровнѣ, что позволяетъ произвести измѣреніе скорости распространенія свѣта, не выходя изъ предѣловъ земныхъ измѣреній. Первый опытъ въ этомъ направленіи былъ выполненъ Фуко. Главной частью его метода является измѣреніе угла, образуемаго свѣтовымъ лучемъ, вышедшимъ изъ быстро вращающагося зеркала, съ его отраженіемъ, возвращающимся къ зеркалу съ извѣстнаго разстоянія. Уголъ этого


Фотометръ съ жирнымъ пятномъ, Бунзена. См. текстъ, стр. 193.

отклоненія, скорость вращенія зеркала и длина пути, проходимаго свѣтовымъ лучомъ,—вотъ тѣ данныя, изъ которыхъ вычисляется искомая скорость распространенія свѣта. По методу, сходному съ этимъ, опредѣлялъ недавно скорость свѣта на обсерваторіи въ Ниццѣ Перротенъ; онъ бралъ въ своихъ измѣреніяхъ разстоянія во много километровъ и всегда для скорости свѣта у него получалось въ результатѣ неизмѣнно около 300,000 км. въ секунду.

Итакъ, разъ свѣтъ распространяется отъ свѣтящагося тѣла лучами, то на томъ или другомъ разстояніи отъ источника свѣта его дѣйствія должны слѣдовать общему для всѣхъ видовъ лучеиспусканія закону, выведенному нами еще при разсмотрѣніи тяготѣнія; согласно этому закону, сила свѣта должна быть обратно пропорціональна квадратамъ разстояній (см. стр. 97). Для установленія этой зависимости путемъ экспериментальнымъ надо умѣть сравнивать между собой и измѣрять источники свѣта различной силы и установить для силы свѣта единицу, на подобіе тѣхъ единицъ, которыя установлены нами для другихъ дѣйствій природы. За единицу силы свѣта принято свѣтовое дѣйствіе такъ называемой нормальной свѣчи на разстояніи 1 метра отъ нея. Нормальную свѣчу приготовляютъ изъ параффина; діаметръ ея 2 см., а пламя во время наблюденій, благодаря строго опредѣленной толщинѣ свѣтильни, сохраняетъ

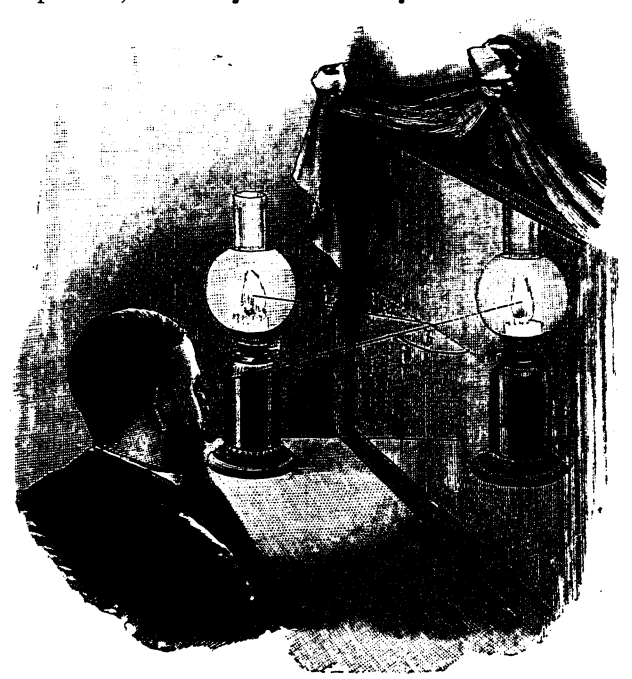


Затменіе спутника Юпитера. S солнце; ab орбита земли, J Юпитеръ. См. текстъ, стр. 190.

Фотометръ съ жирнымъ пятномъ, Бунзена. См. текстъ, стр. 193.

высоту въ 5 сантим. Въ послѣднее время почти вездѣ нормальную свѣчу замѣняютъ Гефнеровой лампой, въ которой горитъ уксусно-амиловый эѳиръ. Пламя ея имѣетъ все время высоту въ 4 см. Сила свѣта равна 1,2 нормальной свѣчи.

Чтобы при помощи такой нормальной свѣчи производить сравненія, необходимо прибѣгнуть къ свѣтоизмѣрителю,—къ фотометру. Самымъ простымъ изъ приборовъ этого рода, дающимъ притомъ весьма хорошіе результаты, является такъ называемый фотометръ съ жирнымъ пятномъ, предложенный Бунзеномъ (см. рисунокъ на стр. 192). На кусокъ бѣлой бумаги капаютъ жиромъ: получается прозрачное пятно; если свѣтъ падаетъ на бумагу съ той стороны, откуда мы смотримъ, то это пятно будетъ казаться темнѣе окружающей его бѣлой бумаги, такъ какъ часть свѣта теперь пройдетъ насквозь и отъ бумаги не отразится. Въ проходящемъ же свѣтѣ пятно, наоборотъ, будетъ казаться свѣтлымъ. По одну сторону бумаги, на разстояніи одного метра отъ нея, устанавливаютъ нормальную свѣчу, а по другую сторону ея источникъ свѣта, силу котораго мы желаемъ измѣрить, и затѣмъ измѣняютъ разстояніе его отъ бумаги до тѣхъ поръ, пока жирное пятно не исчезнетъ. Очевидно, теперь съ обѣихъ сторонъ проходятъ одинаковыя количества свѣта. Съ помощью такого фотометра мы найдемъ, что на разстояніи 2 метровъ отъ бумаги уравновѣшивать свѣтовое дѣйствіе свѣчи, помѣщенной по другую сторону ея на разстояніи 1 метра, могутъ 4 свѣчи; при разстояніи въ 3 метра потребуется 9 свѣчей, при разстояніи въ 4 метра—16 свѣчей и т. д.

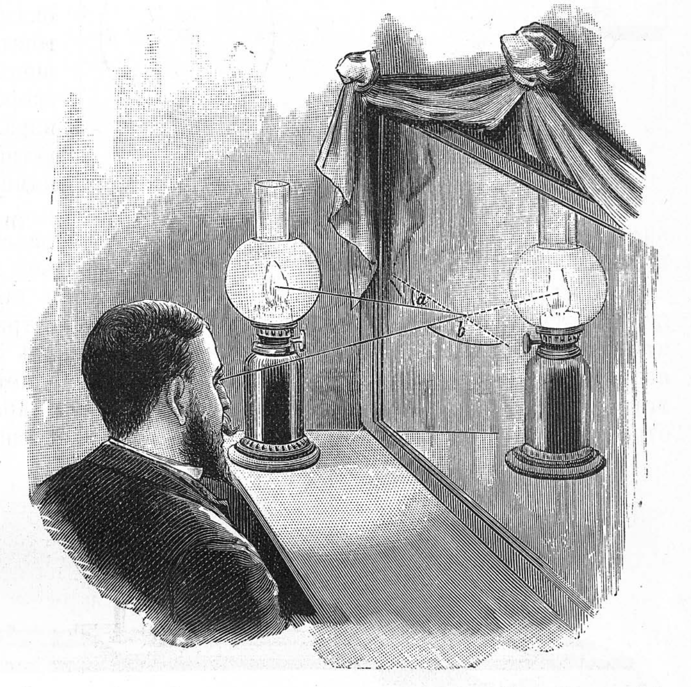


Отраженіе свѣта въ плоскихъ зеркалахъ. Изъ „Мірозданія", В. Мейера. См. текстъ, стр. 194.

Разъ этотъ законъ установленъ, то имъ можно пользоваться для опредѣленія силы источниковъ свѣта въ единицахъ силы нормальной свѣчи по тѣмъ разстояніямъ, на которыя ихъ надо отодвинуть отъ экрана фотометра для того, чтобы жирное пятно исчезло. Если изслѣдуемый источникъ свѣта приходится помѣстить на разстояніи 2 метровъ отъ экрана, то сила его равна 4 нормальнымъ свѣчамъ. Если обозначить силу свѣта какого-нибудь источника черезъ I, силу нормальной свѣчи I_0, соотвѣтствующія имъ разстоянія отъ экрана черезъ r и r_0, то получимъ такое общее соотношеніе: $I = I_0 \frac{r^2}{r_0^2}$.

Уровень современнаго экспериментаторскаго искусства потребовалъ изобрѣтенія фотометровъ другого болѣе сложнаго типа, но для нашихъ цѣлей они интереса въ настоящую минуту не представляютъ.

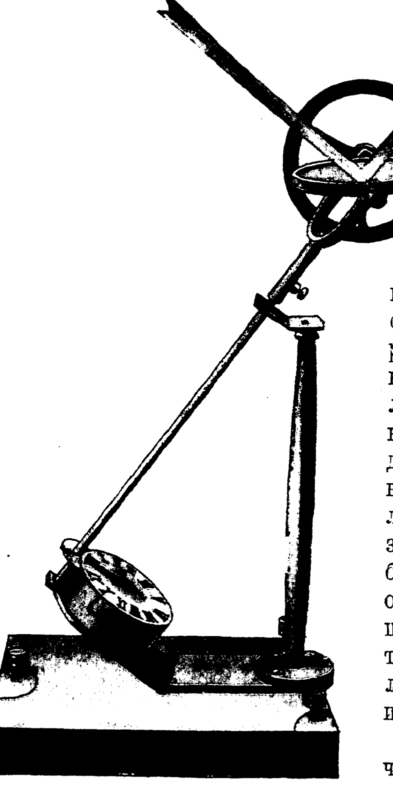
Если при помощи такихъ инструментовъ мы станемъ изслѣдовать законы свѣтовыхъ дѣйствій, то окажется, что мы на каждомъ шагу встрѣчаемъ какъ разъ тѣ явленія, съ которыми мы уже знакомы по звуку и отчасти по теплотѣ, и только благодаря сравнительно большей остротѣ чувства зрѣнія законы эти выступаютъ здѣсь значительно рельефнѣе и отчетливѣе.



Отраженіе свѣта въ плоскихъ зеркалахъ. Изъ „Мірозданія“, В. Мейера. См. текстъ, стр. 194.

b) Законы отраженія.

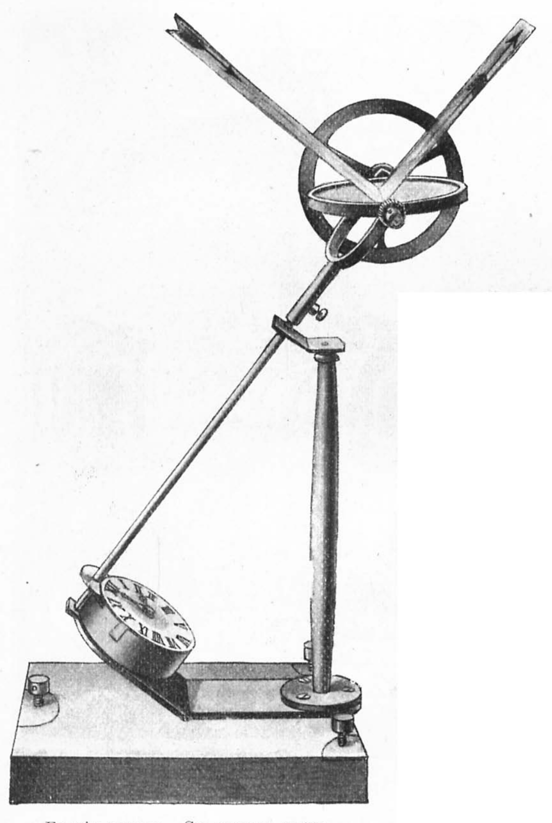
Отраженіе звука намъ представлялось въ формѣ отголосковъ эха; то же явленіе, но въ области свѣта, мы будемъ имѣть въ зеркальныхъ изображеніяхъ (см. рисунокъ на стр. 193). Возможно глаже отполированная поверхность отбрасываетъ отъ себя падающія на нее частички свѣта; эти частички, если на минуту воспользоваться объясненіемъ устарѣлой эмиссіонной теоріи, мы должны себѣ представлять исходящими изъ источника свѣта, отбрасывающаго ихъ совершенно такъ, какъ борты билліарда отбрасываютъ ударяющіеся о нихъ шары; стало быть, уголъ, подъ которымъ какой-либо лучъ отражается отъ зеркальной поверхности долженъ равняться углу паденія того же луча, но лежитъ онъ уже по другую сторону отъ перпендикуляра, возставленнаго изъ точки паденія. На нашемъ рисункѣ a = b. Лучи, падающіе отвѣсно, возвращаются назадъ также отвѣсно, они отражаются по тому же направленію, по которому упали; лучи, которые падаютъ на плоское зеркало подъ очень острымъ угломъ выходятъ по другую сторону, также чуть-чуть не касаясь зеркальной поверхности. Если падающіе на плоское зеркало лучи параллельны, то отражаются они также по направленіямъ параллельнымъ; поэтому мы видимъ въ зеркалѣ предметы въ неизмѣненномъ видѣ; они какъ будто лежатъ на продолженіяхъ лучей по другую сторону зеркала: плоское зеркало даетъ прямое неизмѣненное изображеніе предмета; мы называемъ это изображеніе мнимымъ, потому что лучи, создающіе въ глазу изображеніе предмета, въ дѣйствительности не исходятъ изъ того мѣста за зеркаломъ, гдѣ, какъ намъ кажется, мы видимъ это изображеніе.



Геліостатъ. См. текстъ ниже.

Примѣненія плоскаго зеркала въ наукѣ чрезвычайно разнообразны. Изъ такихъ примѣненій остановимся прежде всего на геліостатѣ. При многихъ опытахъ представляется желательнымъ сохранить неизмѣннымъ въ теченіи извѣстнаго времени направленіе падающаго въ нашъ приборъ луча, взятаго изъ наиболѣе яркаго изъ всѣхъ источниковъ свѣта, какими мы располагаемъ, луча солнечнаго. Съ этой цѣлью съ помощью часового механизма приспособляютъ плоское зеркало такъ, чтобы оно слѣдило за движеніемъ солнца. Задача наша значительно облегчается тѣмъ обстоятельствомъ, что солнце вмѣстѣ со всѣмъ небеснымъ сводомъ совершаетъ въ 24 часа кажущійся полный оборотъ вокругъ земной оси; поэтому придадимъ прежде всего лучу, которымъ мы будемъ пользоваться, направленіе земной оси, затѣмъ укрѣпимъ, исходя изъ этого условія, соотвѣтствующимъ образомъ зеркало (см. рисунокъ выше), тогда оно совершитъ за 24 часа лишь одинъ полный оборотъ, благодаря чему все время лучъ будетъ идти неизмѣнно по направленію земной оси. Такимъ образомъ, при помощи второго плоскаго зеркала, установленнаго неподвижно, можно будетъ сообщить нашему лучу другое произвольное неизмѣнное направленіе.

Геліостатъ имѣетъ и другое назначеніе: имъ отбрасываютъ солнечный лучъ на большое отъ него разстояніе и образуютъ такимъ образомъ одну изъ сторонъ



Геліостатъ. См. текстъ ниже.

большого треугольника, при помощи котораго опредѣляютъ размѣры земли; въ военномъ дѣлѣ, имъ пользуются такъ же какъ свѣтовымъ сигналомъ, какъ телеграфомъ. На парижской выставкѣ 1900 года былъ устроенъ огромныхъ размѣровъ геліостатъ (см. рисунокъ на стр. 196). Такъ какъ этотъ приборъ долженъ былъ придавать одно и то же направленіе лучамъ всѣхъ свѣтилъ, то его назвали сидеростатомъ.

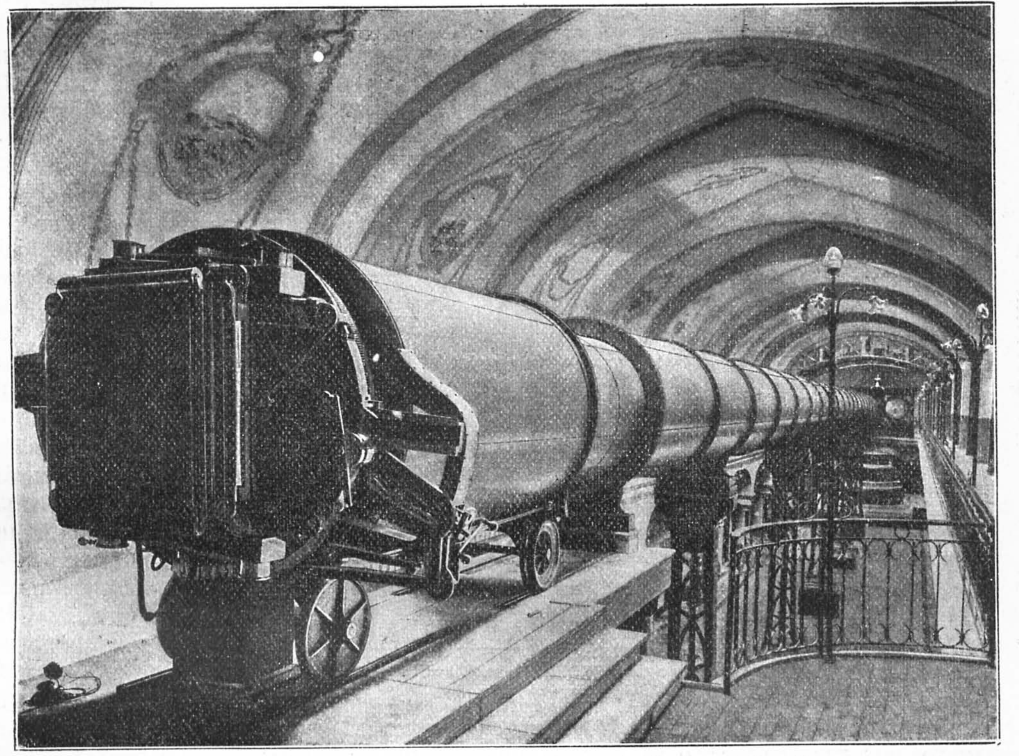
Былъ тамъ выстроенъ также гигантскій телескопъ въ 60 метровъ длины, который находится, какъ это видно изъ рисунка, неизмѣнно въ лежачемъ положеніи. Передъ объективомъ его находится большое зеркало, которому можно со-



Гигантскій горизонтальный телескопъ въ Парижѣ. Съ фотографіи. См. текстъ выше.

общить описанное выше движеніе, благодаря чему лучи, исходящіе изъ того или другого мѣста на совершающемъ свое обращеніе небосклонѣ, будутъ попадать въ неподвижно лежащій телескопъ (см. рисунокъ, помѣщенный выше). Въ принципѣ тѣмъ же цѣлямъ служитъ и другой приборъ, съ совершенно отличнымъ отъ геліостата устройствомъ, построенный впервые также въ Парижѣ, — колѣнчатый экваторіалъ, но о немъ рѣчь еще впереди.

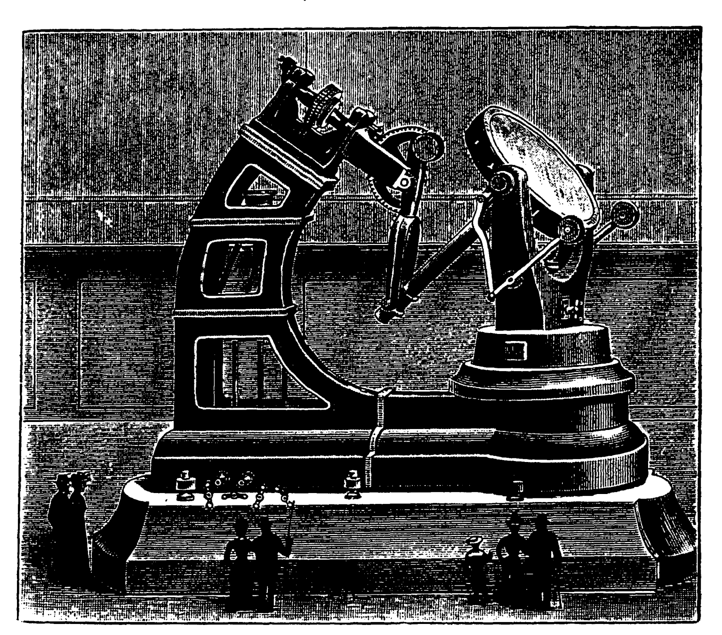
Плоскимъ зеркаломъ въ физическихъ опытахъ пользуются для демонстрацій малыхъ перемѣщеній. Если хотятъ обнаружить какое либо ничтожное движеніе, то прилаживаютъ къ движущемуся тѣлу зеркало, которое вмѣстѣ съ нимъ и вращается. Если изъ неподвижнаго источника свѣта будетъ падать на зеркало лучъ, то отраженный зеркаломъ лучъ отклонится отъ своего первоначальнаго направленія на уголъ, двойной противъ оборота самого тѣла. Этотъ отраженный лучъ на сравнительно большомъ разстояніи можетъ быть направленъ, напримѣръ, на стѣну. Такимъ образомъ стороны угла паденія удлинены, а вмѣстѣ съ ними возрастаетъ и линейная величина перемѣщенія зеркала; движеніе его становится замѣтнымъ невооруженному глазу, если зеркало перемѣстится даже на микроскопически малую величину; ее можно измѣрить на шкалѣ, поставленной на пути луча. При болѣе тонкихъ измѣреніяхъ такого рода изображеніе шкалы наблюдаютъ при помощи



Гигантскій горизентальный телескопъ въ Парижѣ. Съ фотографіи. См. текстъ выше.

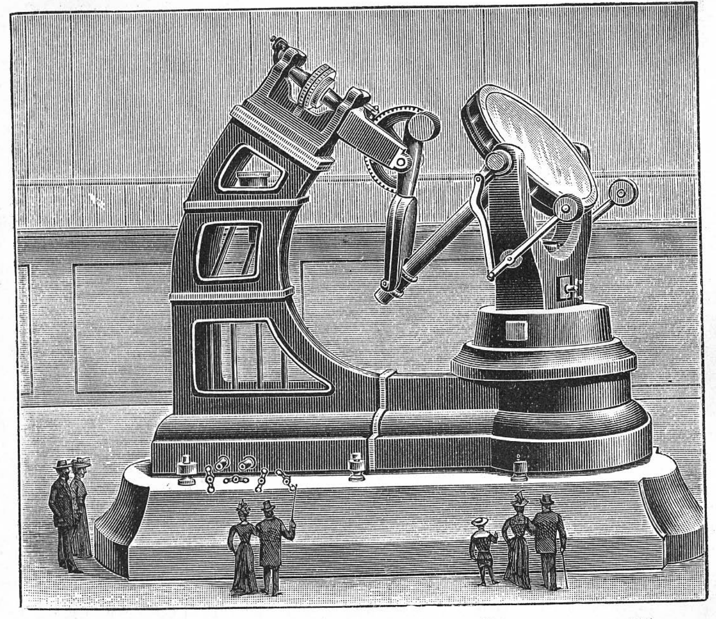
подзорной трубы прямо въ зеркалѣ, какъ это видно изъ схемы установки, изображенной у насъ на стр. 197.

Далѣе, плоскимъ зеркаломъ пользуются при прямыхъ угловыхъ измѣреніяхъ, напримѣръ, въ морскомъ дѣлѣ, въ приборѣ, носящемъ названіе зеркальнаго секстанта. По дугѣ круга AB, отъ которой получилъ названіе и самъ приборъ, движется надъ нанесенными надъ ней дѣленіями, радіусъ круга CD (см. рисунокъ на стр. 197), на которомъ (въ центрѣ круга) укрѣплено плоское зеркало H. Оно отбрасываетъ лучи, исходящіе изъ наблюдаемаго предмета, на другое зеркало O, только на половину оклеенное отражающей свѣтъ фольгой; отсюда лучи поступаютъ въ зрительную трубу R. Такимъ образомъ въ эту трубу можно заразъ видѣть два предмета по двумъ направленіямъ: одинъ при помощи зеркала, другой, находящійся за вторымъ зеркаломъ, непосредственно. Если мы пожелали бы измѣрить уголъ между какими-нибудь двумя предметами, напримѣръ, между солнцемъ и горизонтомъ, то для этого надо вращать подвижной радіусъ съ находящимся на немъ зеркаломъ до тѣхъ поръ, пока оба разсматриваемыхъ въ трубу предмета другъ друга не покроютъ. Уголъ, отсчитанный нами по дугѣ круга (въ градусахъ), будетъ въ два раза больше искомаго. На сушѣ при такихъ опредѣленіяхъ высотъ солнца или другихъ свѣтилъ пользуются искусственнымъ горизонтомъ, уровнемъ ртути. Поверхность этого жидкаго металла, налитаго въ какую-либо чашку, совершенно горизонтальна.


Сидеростатъ парижскаго телескопа. См. текстъ, стр. 195.

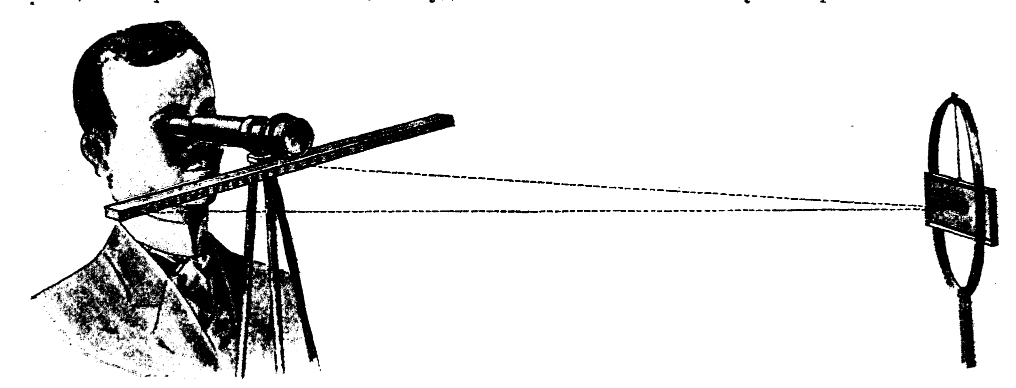
Когда изображеніе солнца на этой поверхности и настоящее изображеніе солнца въ трубѣ сольются, то уголъ, читаемый нами на зеркальномъ секстантѣ, будетъ въ четыре раза больше высоты солнца, такъ какъ отраженіе имѣло мѣсто въ данномъ случаѣ два раза.

Въ дальнѣйшемъ изложеніи намъ придется имѣть очень часто дѣло съ призмами. Призмой называютъ прозрачное для извѣстнаго рода лучей тѣло, которое въ числѣ ограничивающихъ ее поверхностей имѣетъ двѣ плоскости, сходящіяся подъ произвольной величины угломъ. Третья поверхность присоединяется къ первымъ двумъ, по большей части, такъ, чтобы въ сѣченіи получился равносторонній треугольникъ. Въ примѣненіяхъ призмы къ задачамъ оптики часто приходится точно знать ея уголъ, что позволяетъ намъ измѣрить законъ отраженія лучей отъ плоскихъ поверхностей. Для опредѣленія угловъ призмы пользуются отражательнымъ гоніометромъ (см. рис. на стр. 198). Въ серединѣ вращающагося столика, вращеніе котораго можетъ быть отсчитано на шкалѣ въ градусахъ, укрѣпляютъ призму. Ребро призмы, въ которомъ сходятся главныя поверхности, образующія искомый уголъ, устанавливается перпендикулярно къ столику; черезъ узкую щель на обѣ стороны призмы падаетъ пучекъ параллельныхъ лучей, какъ это показано у насъ на рисункѣ. Лучи отъ этихъ сторонъ отражаются; при помощи простого геометрическаго построенія можно показать, что уголъ, образован-



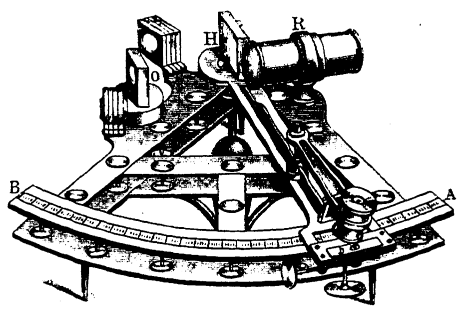
Сидеростатъ парижскаго телескопа. См. текстъ, стр. 195.

ный обоими отраженными лучами, будетъ въ два раза больше искомаго угла призмы. Сначала мы разсматриваемъ въ неподвижно укрѣпленную зрительную трубу первый изъ отраженныхъ лучей; затѣмъ мы вращаемъ трубу до тѣхъ поръ, пока второй лучъ не займетъ въ ней того же мѣста, что и первый. Половина угла, отмѣреннаго на шкалѣ, и будетъ искомой величиной угла призмы.



Зеркальный отсчетъ. См. текстъ, стр. 195.

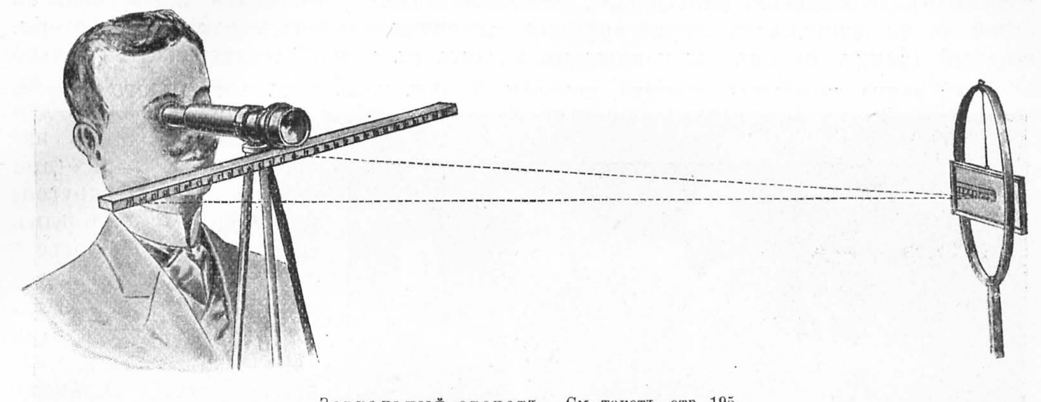
Зеркальная поверхность, неплоская, отражаетъ лучи такъ, какъ если-бъ она была составлена изъ безконечно большого числа безконечно малыхъ плоскихъ поверхностей, образующихъ другъ съ другомъ разной величины углы (см. чертежъ на стр. 199). Законъ отраженія соблюдается и здѣсь: если углы паденія и отраженія отсчитывать отъ касательной, проведенной въ точкѣ паденія, то окажется, что углы эти равны. Параллельные лучи, падая на такое зеркало, отразятся уже не по параллельнымъ, а по разнаго рода направленіямъ, что будетъ зависѣть каждый разъ отъ вида этой поверхности. Поэтому можно поставить себѣ слѣдующую чисто геометрическую задачу: найти такую поверхность, чтобы падающіе на нее параллельные лучи, отразившись отъ нея, сошлись всѣ въ одной и той же опредѣленной точкѣ, то есть чтобы они здѣсь пересѣклись. Мы найдемъ, что такой соотвѣтствующей условіямъ задачи поверхностью будетъ *параболически искривленная* поверхность. Точка, въ которой такое *вогнутое параболическое зеркало* собираетъ падающіе на нее параллельные лучи, есть *фокусъ* параболы.



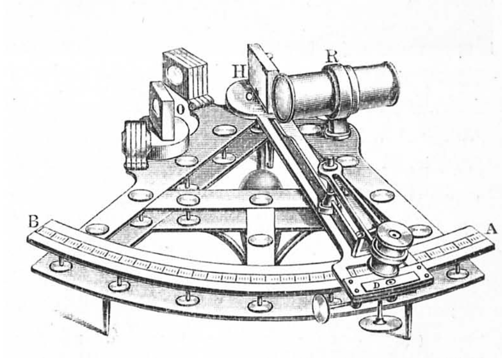
Зеркальный секстантъ. См. текстъ, стр. 196.

По мѣрѣ приближенія къ вершинѣ, параболическая поверхность пріобрѣтаетъ все больше и больше форму поверхности шаровой.

На практикѣ, въ виду сравнительной легкости изготовленія, оптики изготовляютъ вогнутыя зеркала почти исключительно *шаровой формы*. Въ этихъ зеркалахъ условіе сосредоточиванія всѣхъ отраженныхъ лучей выполняется тѣмъ хуже, чѣмъ больше ихъ кривизна; то есть, чѣмъ больше по сравненію съ діаметромъ шара *отверстіе зеркала*, или иначе та часть шаровой поверхности, которая образуетъ это зеркало; объясняется это тѣмъ, что параболическая поверхность, по мѣрѣ удаленія отъ вершины ея, все болѣе и болѣе выпрямляется и постепенно приближается къ шаровымъ поверхностямъ съ радіусами, возрастающими по величинѣ все дальше и дальше. Поэтому, разъ вогнутое зеркало съ шаровой поверхностью должно по возможности лучше удовлетворять сказанному условію, то есть должно наилучшимъ образомъ сводить всѣ лучи въ одну точку,



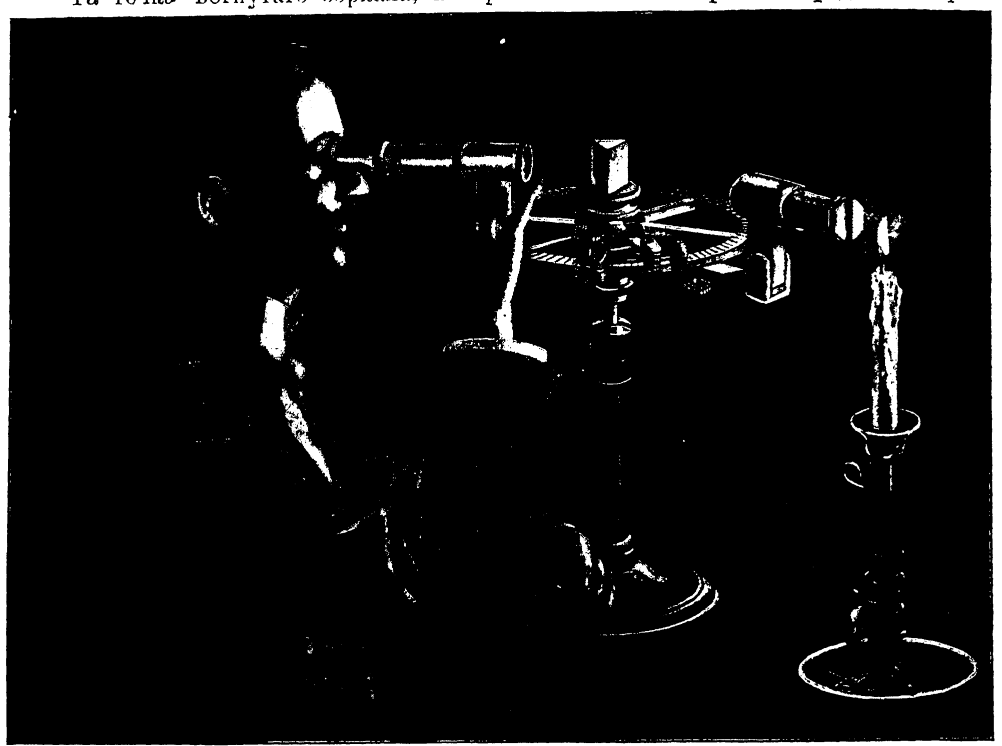
Зеркальный отсчетъ. См. текстъ, стр. 195.



Зеркальный секстантъ. См. текстъ, стр. 196.

отверстіе его должно быть по возможности малымъ, а кривизна его должна имѣть величину возможно ничтожную. Лучи, исходящіе изъ среднихъ частей зеркала, всегда будутъ слѣдовать сказанному условію лучше, чѣмъ лучи, падающіе на края зеркала. Разсмотримъ теперь еще ближе свойства шарового вогнутаго зеркала, которое мы впредь, хотя это далеко неточно, будемъ называть просто вогнутымъ зеркаломъ. Всѣ законы, устанавливаемые нами далѣе, представляютъ собой не что иное, какъ геометрическія слѣдствія основного закона отраженія, который такимъ путемъ мы и сможемъ развить въ подробностяхъ.

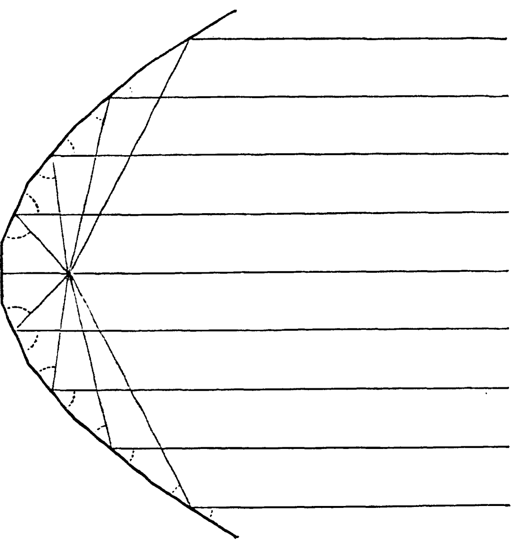
Та точка вогнутаго зеркала, которая лежитъ какъ разъ посреди его и равно



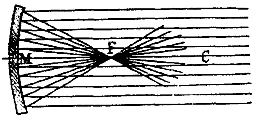
Отражательный гоніометръ. Измѣреніе угла призмы. См. текстъ, стр. 196.

удалена отъ всѣхъ точекъ окружности, ограничивающей его отверстіе, носитъ названіе вершины, или средины зеркала M, а лучъ попадающій въ эту точку подъ прямымъ угломъ къ зеркалу, называется центральнымъ лучемъ MFC. На этомъ лучѣ мы отмѣтимъ точку C, центръ кривизны вогнутаго зеркала, то есть центръ того шара, частью котораго зеркало является. Теперь можно показать, что точка, въ которой собираются всѣ параллельные лучи, то есть фокусъ зеркала, лежитъ посреди отрѣзка центральнаго луча, заключеннаго между вершиной зеркала и центромъ его кривизны. Отрѣзокъ FM мы называемъ **фокуснымъ разстояніемъ** зеркала (см. средній рисунокъ на стр. 199). Если лучи, падающіе на зеркало, исходятъ изъ какой нибудь точки центральнаго луча, не безконечно удаленной отъ самого зеркала, то они упадутъ на поверхность его расходящимся пучкомъ и встрѣтятся также въ одной точкѣ, лежащей на томъ же центральномъ лучѣ, но дальше отъ зеркала, чѣмъ его фокусъ. Если обозначить разстояніе фокуса зеркала отъ его вершины черезъ f (у насъ на чертежѣ это отрѣзокъ FM), разстояніе свѣтящейся точки отъ M черезъ p, и разстояніе точки, въ которой отраженные лучи вновь встрѣчаются, черезъ p_1, то между этими величинами получается такая зависимость: $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p_1}$. Двѣ этихъ точки p и p_1 называются **сопряженными точками**.

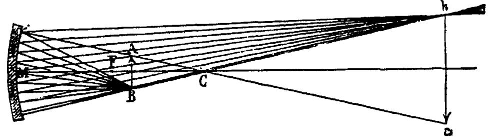
Если свѣтящаяся точка лежитъ ниже центральнаго луча, то ея сопряженная точка будетъ лежать выше его. Предметъ, имѣющій размѣры AB, дастъ въ вогнутомъ зеркалѣ обратное изображеніе ba, и если предметъ удалится на безконечность, то изображеніе получится въ фокусѣ (см. рисунокъ ниже). Въ другихъ же случаяхъ, если помѣстить глазъ за фокусомъ, изображеніе будетъ нѣсколько ближе къ намъ, то есть дальше отъ зеркала, какъ это слѣдуетъ изъ указанной выше формулы. Если перемѣстить предметъ въ самый фокусъ, то членъ $\frac{1}{p_1}$ станетъ равнымъ нулю, а p_1 будетъ безконечно велико; изображеніе получится въ этомъ случаѣ лишь на безконечно большомъ разстояніи; отраженные лучи пойдутъ по направленіямъ параллельнымъ. Если приблизить предметъ къ зеркалу еще больше, помѣстивъ его между M и F, какъ у насъ на рисункѣ (нижн. рис.), то лучи отразятся расходящимся пучкомъ. Глазъ видитъ кажущееся продолженіе ихъ за зеркаломъ; тамъ они встрѣчаются и даютъ, какъ въ плоскомъ зеркалѣ, мнимое изображеніе, называемое такъ въ отличіе отъ тѣхъ изображеній въ вогнутомъ зеркалѣ, которыя мы разсматривали до сихъ поръ; эти изображенія получались путемъ дѣйствительнаго пересѣченія лучей въ мѣстѣ образованія изображенія и потому получили названіе изображеній дѣйствительныхъ. На нашъ глазъ такія дѣйствительныя, находящіяся передъ зеркаломъ изображенія производятъ впечатлѣніе чего-то независимаго, не связаннаго съ зеркаломъ и потому этими зеркалами пользуются во всякаго рода оптическихъ игрушкахъ. Отношеніе величины этого обратнаго дѣйствительнаго изображенія къ величинѣ самого предмета равно отношенію разстояній соотвѣтственныхъ сопряженныхъ точекъ отъ зеркала. Если величину предмета обозначить черезъ o, величину изображенія черезъ b, то получится такое соотношеніе: $\frac{b}{o} = \frac{p}{p_1}$ для того чтобы изображеніе было равно по величинѣ самому предмету надо сдѣлать p равнымъ p_1. Изъ приведенной у насъ выше зависимости между разстояніями обѣихъ сопряженныхъ точекъ и фокуса отъ зеркала слѣдуетъ, что разстояніе предмета отъ зеркала должно равняться въ данномъ случаѣ удвоенному фокусному разстоянію, а потому предметъ необходимо помѣстить въ C—центрѣ кривизны зеркала. Если теперь отсюда станемъ передвигать предметъ все ближе и ближе къ фокусу, то изображеніе, которое мы будемъ видѣть по сю сторону отъ предмета, станетъ, удаляясь, возрастать, и когда предметъ перемѣстится въ фокусъ, удалится, какъ мы уже замѣтили выше, на безконечность. Мнимыя изображенія, которыя, при дальнѣйшемъ приближеніи предмета къ зеркалу, станутъ получаться по ту сторону зеркала, будутъ всегда прямыя и увеличенныя (см. рис. на стр. 200). Это свойство находитъ себѣ примѣненіе въ зеркалахъ для бритья.



Отраженіе лучей въ системѣ плоскихъ зеркалъ, расположенныхъ по параболѣ. См. текстъ, стр. 197.

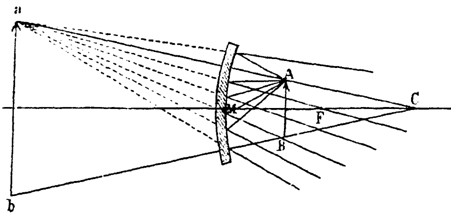


Ходъ лучей въ вогнутомъ зеркалѣ. См. текстъ, стр. 198.



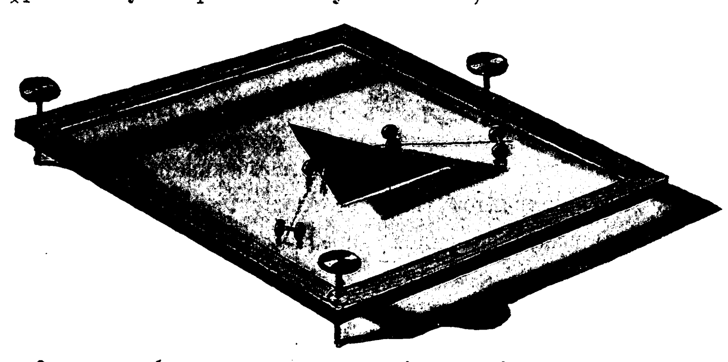
Дѣйствительное изображеніе въ вогнутомъ зеркалѣ. См. текстъ выше.

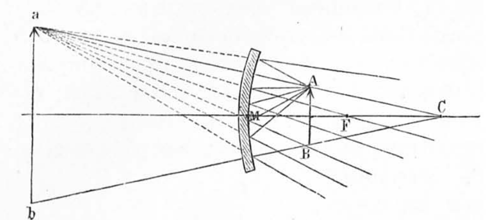
Полученные нами чисто геометрическимъ путемъ законы свѣтовыхъ явленій въ вогнутыхъ зеркалахъ могутъ быть приложены, какъ это мы вскорѣ увидимъ, къ оптическимъ стекламъ, которыми мы пользуемся, напримѣръ, при фотографированіи. При безконечно большомъ разстояніи предметовъ, которые при обычныхъ условіяхъ находятся всего лишь въ нѣсколькихъ десяткахъ метровъ отъ фотографическаго аппарата, изображеніе получается въ фокусѣ. При такой установкѣ изображенія предметовъ, лежащихъ ближе къ аппарату, выходятъ неясно; необходимо нѣсколько раздвинуть камеру съ соблюденіемъ указанныхъ нами соотношеній, тогда получится отчетливое изображеніе предметовъ ближайшихъ, но зато тѣ предметы, которые лежатъ дальше, дадутъ изображенія неясныя. Если желаютъ при помощи аппарата получить увеличенный снимокъ, то картину, которую желаютъ увеличить, надо помѣстить между центромъ кривизны и фокусомъ оптическаго стекла, а самую камеру сильно раздвинуть.



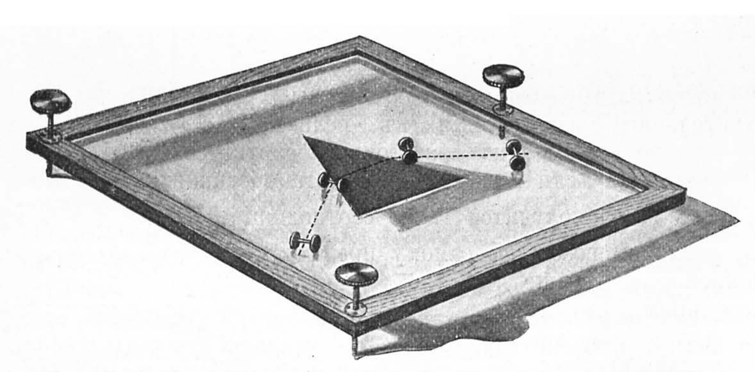
Мнимое изображеніе въ вогнутомъ зеркалѣ. См. текстъ, стр. 199.

Чтобы получить по возможности отчетливое изображеніе предметовъ, находящихся на разныхъ отъ насъ разстояніяхъ, **объективъ** закрываютъ **діафрагмой**, то есть уменьшаютъ его отверстіе, благодаря чему дѣйствіе камеры съ объективомъ начинаетъ походить на дѣйствіе простой камеры съ отверстіемъ, въ которой получаются отчетливыя изображенія предметовъ, независимо отъ разстояній, на которыхъ находятся эти предметы. Дѣйствіе діафрагмы распространяется концентрическими кругами, отъ краевъ къ серединѣ, благодаря чему она задерживаетъ лучи крайніе, захватывая ихъ при приближеніи къ центру все больше и больше. Мы знаемъ, что въ вогнутыхъ зеркалахъ (все сказанное дальше относится и къ оптическимъ чечевицамъ) вслѣдствіе отступленія отъ параболической формы, эти крайніе лучи не собираются въ той точкѣ, куда сходятся лучи, исходящіе изъ средней части зеркала; этой погрѣшностью страдаютъ всѣ оптическія системы: она называется **сферической аберраціей**. Такъ какъ діафрагма эту погрѣшность уменьшаетъ, то отчетливость изображенія возрастаетъ еще больше. Величина изображенія отдаленнаго предмета прямо пропорціональна фокусному разстоянію оптической системы, которое въ свою очередь пропорціонально радіусу кривизны незакрытой части поверхности собирательнаго стекла или вогнутаго зеркала. Чѣмъ болѣе приближаются поверхности вогнутаго зеркала или оптической чечевицы по формѣ къ плоскостямъ, тѣмъ дальше отъ нихъ лежитъ ихъ фокусъ. Чтобы увеличить удобства пользованія камерой обыкновенно берутъ объективы съ незначительными фокусными разстояніями. Но такъ какъ при этомъ получаются изображенія сильно уменьшенныя, то на пластинкѣ опредѣленной величины умѣстится въ данномъ случаѣ большая площадь, нежели тогда, когда фокусное разстояніе сравнительно велико: камера обладаетъ большимъ **полемъ „зрѣнія“**. Но разъ фокусное разстояніе невелико, то, при одинаковыхъ линейныхъ размѣрахъ отверстій зеркалъ или чечевицъ, кривизна оптической поверхности должна быть соотвѣтственнымъ образомъ увеличена; отъ кривизны по-


Опытъ съ бумажными кружками (иллюстрація преломленія свѣта). См. текстъ, стр. 203.

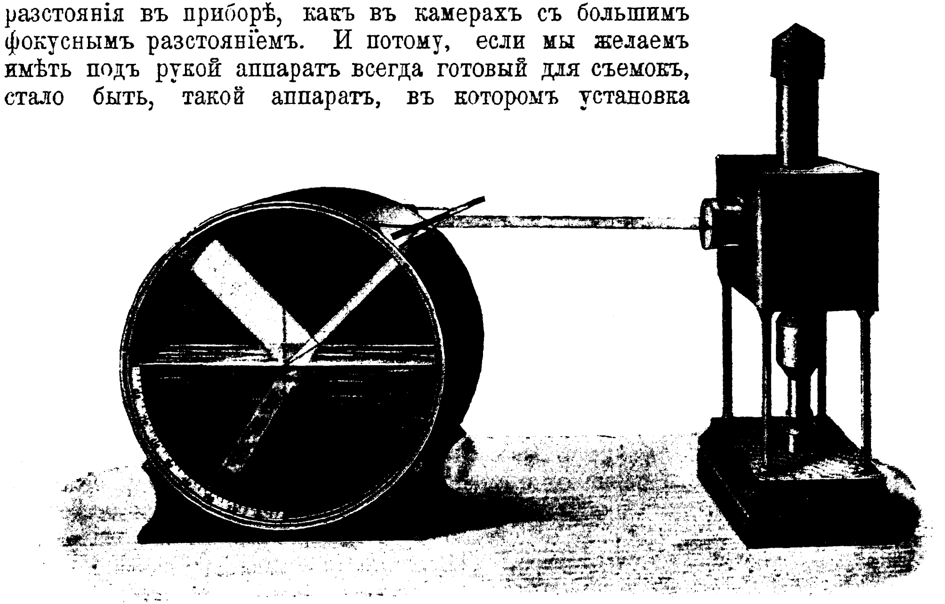


Мнимое изображеніе въ вогнутомъ зеркалѣ. См. текстъ, стр. 199.



Опытъ съ бумажными кружками (иллюстрація преломленія свѣта). См. текстъ, стр. 203.

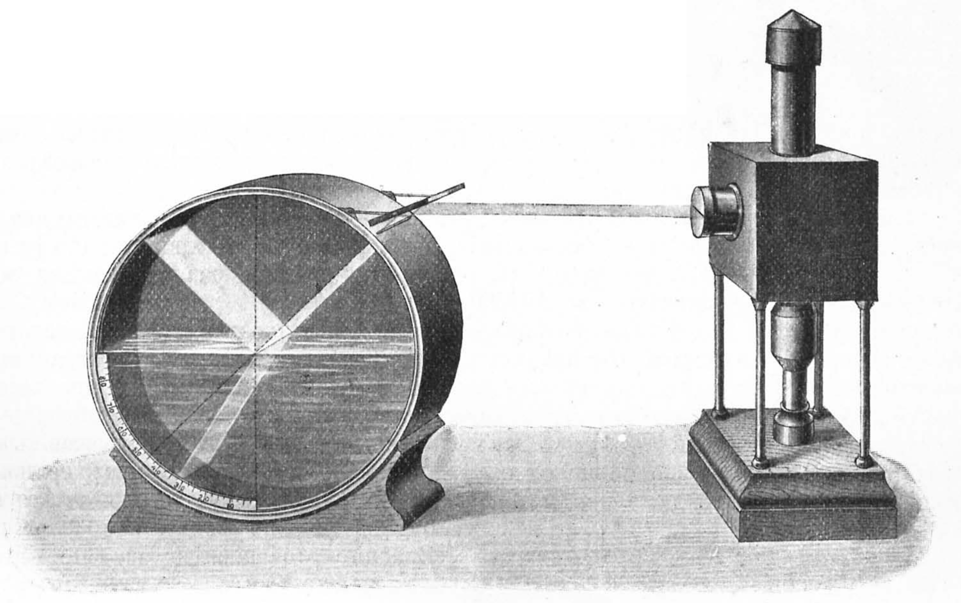
верхности зависитъ, какъ мы сейчасъ увидимъ, яркость изображенія: съ отклоненіемъ отъ параболической формы, недочеты зеркала, въ смыслѣ его сферической абберацін, возрастаютъ. Отчетливость картины благодаря этому уменьшается по направленію отъ середины къ краямъ и притомъ тѣмъ быстрѣе, чѣмъ фокусное разстояніе меньше. При помощи объективовъ съ большими фокусными разстояніями (мы не говоримъ теперь о тѣхъ приспособленіяхъ, при помощи которыхъ погрѣшности этихъ оптическихъ системъ устраняются) получаются при той же силѣ освѣщенія изображенія болѣе равномѣрныя по отчетливости. Но зато въ пользу короткофокусныхъ объективовъ говоритъ то обстоятельство, что при установкѣ ихъ на отдаленные предметы не приходится такъ тщательно подгонять разстоянія въ приборѣ, какъ въ камерахъ съ большимъ фокуснымъ разстояніемъ. И потому, если мы желаемъ имѣть подъ рукой аппаратъ всегда готовый для съемокъ, стало быть, такой аппаратъ, въ которомъ установка



Приборъ Тиндалля для изученія законовъ преломленія свѣта. См. текстъ, стр. 204.

становится излишней, необходимо, чтобы въ этой камерѣ былъ объективъ съ возможно болѣе короткимъ фокуснымъ разстояніемъ, и потому здѣсь получаться будутъ лишь небольшія изображенія.

Яркость изображенія зависитъ какъ отъ фокуснаго разстоянія зеркала, или оптической чечевицы, такъ и отъ величины ихъ отверстія. Чѣмъ шире это отверстіе, тѣмъ больше лучей, исходящихъ изъ предмета, въ него попадаетъ, снова соединяется въ фокусѣ; чѣмъ меньше получающееся изображеніе, чѣмъ, стало быть, короче фокусное разстояніе, тѣмъ сильнѣе сводятся эти лучи, тѣмъ ярче, значитъ, должно быть само изображеніе. Яркость изображенія измѣряется, въ силу сказаннаго, отношеніемъ величины фокуснаго растоянія къ величинѣ отверстія; если отверстіе зеркала равно 1 сантиметру, а фокусное разстояніе 10 см., то яркость получающихся здѣсь изображеній въ точности равна яркости изображеній, воспроизводимыхъ другимъ зеркаломъ съ отверстіемъ въ 10 см. и фокуснымъ разстояніемъ въ 100 см. Но это отношеніе характеризуетъ лишь яркость предметовъ безконечно удаленныхъ; тѣ предметы, которые къ намъ ближе, получаются въ передачѣ нашего объектива не въ столь уменьшенномъ видѣ, а потому по яркости стоятъ ниже. При одинаковой величинѣ отверстія экспозиція для предметовъ близкихъ должна продолжаться дольше, чѣмъ для предметовъ далекихъ. Если отверстіе уменьшить вдвое, яркость освѣщенія уменьшится вчетверо, такъ какъ площади отверстія пропорціональны квадратамъ своихъ радіусовъ. Если желательно получить при данной яркости предмета по возможности яркое и въ то же время большое изображеніе (это требуется, напримѣръ, въ телескопѣ), то необхо-



Приборъ Тиндалля для изученія законовъ преломленія свѣта. См. текстъ, стр. 204.

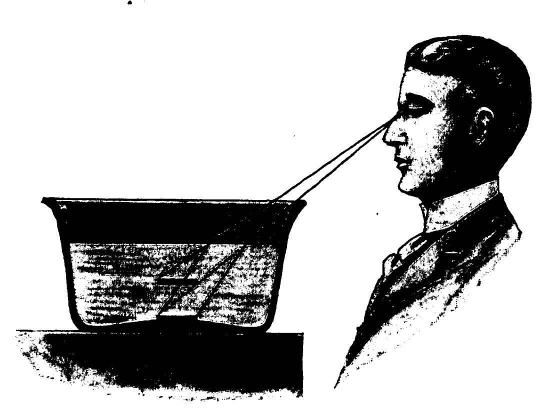
димо съ большимъ отверстіемъ сочетать и большое фокусное разстояніе. Вотъ почему инструменты, которыми пользуются при астрономическихъ наблюденіяхъ, имѣютъ такіе большіе размѣры. Но, если имѣется въ виду главнымъ образомъ яркость изображенія, а это при изслѣдованіи неба съ помощью фотографіи именно и требуется, то берутъ камеру съ большимъ отверстіемъ и незначительнымъ фокуснымъ разстояніемъ. Есть приборы, гдѣ отношеніе фокуснаго разстоянія къ величинѣ отверстія равно 1 : 2.5 и тѣмъ не менѣе отчетлива лишь середина изображенія. Въ современныхъ фотографическихъ аппаратахъ это отношеніе равняется, по большей части, 1 : 6.


Преломленіе свѣта въ водѣ. Кажущійся изломъ палочки. См. текстъ, стр. 204.

c) Лучепреломленіе.

Всѣ до сихъ поръ извѣстные намъ факты могутъ быть объяснены при помощи единственнаго допущенія, допущенія о прямолинейности распространенія свѣта; теперь мы встрѣтимся съ другого рода фактами для объясненія, которыхъ понадобятся дальнѣйшія предположенія о природѣ свѣта. Сюда относится явленіе преломленія свѣта, которое имѣетъ мѣсто при распространеніи свѣта въ средахъ различной плотности, при переходѣ его изъ одной среды въ другую.

Оказывается, что на лучи свѣта различныя тѣла производятъ весьма неодинаковыя дѣйствія. Полированныя тѣла, напримѣръ зеркала, отбрасываютъ свѣтъ назадъ почти цѣликомъ, но часть его все-таки поглощаютъ. Совершенно черныя тѣла совсѣмъ не отражаютъ свѣта; намъ кажется, что онъ совершенно исчезаетъ уже на ихъ поверхности. Бѣлыя тѣла, вродѣ гипса, мѣла и т. д., отражаютъ падающій на нихъ свѣтъ, но не по одному опредѣленному направленію; если падающій на нихъ свѣтъ даже идетъ по извѣстному направленію, то отражаться онъ будетъ уже по всѣмъ направленіямъ. Явленіе это носитъ названіе **разсѣяннаго (диффузнаго) отраженія**. Это свойство бѣлыхъ тѣлъ мы можемъ объяснить себѣ тѣмъ, что поверхности ихъ по отношенію къ свѣту слишкомъ шероховаты, то есть обладаютъ множествомъ идущихъ по разнымъ направленіямъ небольшихъ плоскостей, которыя отражаютъ свѣтъ во всѣ стороны. Совершенно такого же рода факты мы встрѣчаемъ и въ области звука. Если хотятъ, чтобы въ концертномъ залѣ не было никакихъ постороннихъ отраженій звука, то дѣлаютъ поверхности его стѣнъ шероховатыми; но не слѣдуетъ заходить въ этомъ направленіи далеко, не слѣдуетъ, напримѣръ, обивать стѣны сукномъ, такъ какъ сукно поглощаетъ звукъ ничуть не хуже, чѣмъ черная поверхность — свѣтъ.


Преломленіе свѣта въ водѣ; кажущееся поднятіе предмета. См. текстъ, стр. 204.

Далѣе, есть тѣла, отражающія уже не тотъ свѣтъ, который на нихъ падаетъ, — это тѣла цвѣтныя. Явленіе это объяснить мы сможемъ лишь потомъ. Наконецъ мы знаемъ, что есть тѣла **прозрачныя**, пропускающія бѣлый или цвѣтной свѣтъ, ихъ оптическими свойствами мы теперь и займемся.

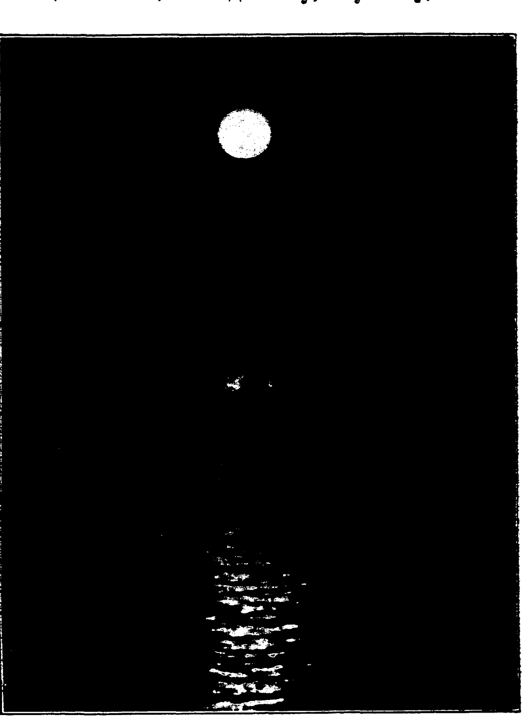
Оказывается, что вполнѣ прозрачныхъ тѣлъ нѣтъ. Даже совершенно чистый воздухъ поглощаетъ извѣстное количество свѣта. Солнечные лучи, падающіе отвѣсно, то есть проходящіе воздушный слой по кратчайшему пути, теряютъ, еще не дойдя до земной поверхности, около трети всего количества своего свѣта. Мы



Преломленіе свѣта въ водѣ.
Кажущійся изломъ палочки.
См. текстъ, стр. 204.

Преломленіе свѣта въ водѣ; кажущееся поднятіе предмета. См. текстъ, стр. 204.

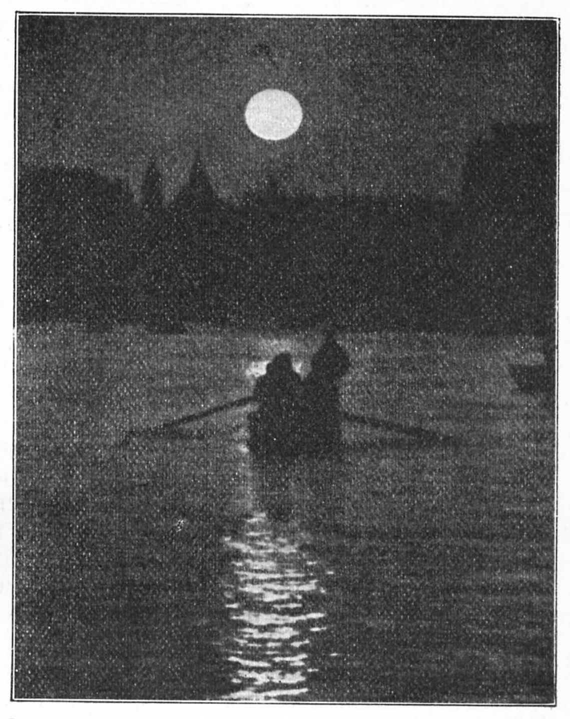
понимаемъ теперь, сколько свѣта утрачивается для насъ безслѣдно, когда дневное свѣтило приближается къ горизонту: теперь его лучи проходятъ сквозь атмосферную оболочку по пути болѣе длинному, чѣмъ тогда, когда оно стояло въ зенитѣ, и мы теперь можемъ незащищеннымъ глазомъ смотрѣть на солнце, которое до того было такъ невыносимо знойно. Кристальной чистоты вода въ трубѣ, длиною въ метръ, отсвѣчиваетъ синимъ, а слой ея толщиной менѣе, чѣмъ въ сто метровъ, какъ показали изслѣдованія моря на соотвѣтственныхъ глубинахъ, совершенно непрозраченъ. Даже міровое пространство, которое пронизываютъ лучи, исходящіе изъ отдаленнѣйшихъ звѣздъ, представляющее собой, повидимому, пустоту, поглощаетъ извѣстное количество свѣта.



Элиптическая форма солнечнаго диска, какъ результатъ лучепреломленія. Моментальный снимокъ съ натуры. См. текстъ, стр. 205.

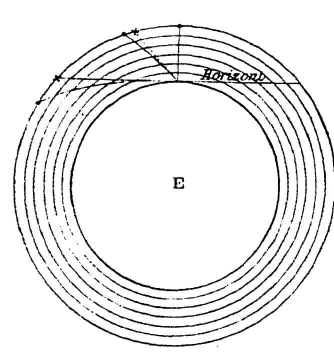
Было бы странно, а по нашимъ возрѣніямъ на характеръ мірового строя, прямо непонятно, если бы скопленія матеріи, черезъ которыя проходитъ свѣтъ, представляющій собой, какъ и всѣ остальныя проявленія природы, извѣстнаго рода движеніе, не оказали бы по отношенію къ нему сопротивленія, не отразились бы почему-то на этомъ именно движеніи. Для звука различныя среды представляли собой различныя сопротивленія, и онъ проходилъ ихъ съ неодинаковой скоростью. То же самое, оказывается, имѣетъ мѣсто и по отношенію къ свѣту. Благодаря тому, что скорость свѣта огромна, нельзя услѣдить за всѣми ея измѣненіями. Это измѣненіе скорости отмѣтить на опытѣ удалось лишь въ водѣ, гдѣ свѣтъ распространяется значительно медленнѣе, чѣмъ въ воздухѣ.

Въ томъ, что такое сопротивленіе существуетъ, можно убѣдиться еще другимъ способомъ: для этого необходимо только, чтобы лучи свѣта были не тѣми прямолинейно распространяющимися потоками атомовъ, ничѣмъ не связанныхъ между собой кромѣ общности источника свѣта, какими мы считали ихъ до сихъ поръ, а носили бы характеръ болѣе сложный. Вотъ примѣръ, который намъ разъяснитъ этотъ вопросъ. Соединимъ два бумажныхъ кружка маленькой палочкой такъ, чтобы они могли на ней двигаться, какъ экипажныя колеса на оси. Теперь пустимъ ихъ по нѣсколько наклоненной стекляной поверхности, которая въ одномъ мѣстѣ сдѣлана, какъ это видно изъ рисунка на стр. 200, шероховатой. Шероховатая поверхность отдѣлена отъ гладкой прямыми, образующими треугольникъ. Если нашъ экипажъ катится по направленію, перпендикулярному къ линіи раздѣла, то перейдя черезъ нее, онъ своего направленія не измѣнитъ, — только скорость уменьшится. Но если первоначальное направленіе его движенія по гладкой поверхности образуетъ съ линіей раздѣла уголъ, отличный отъ прямого, то при переходѣ экипажа на шероховатую поверхность ось, соединяющая колеса, сдѣлаетъ поворотъ, такъ какъ одно колесо дойдетъ до линіи раздѣла раньше другого и раньше его начнетъ двигаться съ уменьшенной скоростью. Однако съ той минуты, какъ оба связанныхъ между собой колеса очутились на шероховатой поверхности, они движутся уже прямолинейно по этому измѣненному направленію, отъ него не уклоняясь. Если мы назовемъ уголъ, образуемый направленіемъ движенія по



Элиптическая форма солнечнаго диска, какъ результатъ лучепреломленія. Моментальный снимокъ съ натуры. См. текстъ, стр. 205.

гладкой поверхности съ перпендикуляромъ, возставленнымъ къ линіи раздѣла въ точкѣ паденія, угломъ паденія, то измѣненіе направленія движенія по шероховатой поверхности произойдетъ въ томъ смыслѣ, что движеніе это будетъ теперь нѣсколько ближе къ продолженію перпендикуляра. Измѣненіе обратнаго характера произойдетъ тогда, когда движущееся тѣло переходитъ съ поверхности, представляющей большее сопротивленіе, на поверхность гладкую. Величина отклоненія отъ перпендикуляра зависитъ отъ величины угла паденія; она равна нулю, если этотъ уголъ равенъ нулю; она становится максимальной при углѣ паденія въ 90°, то есть тогда, когда нашъ экипажъ катится параллельно линіи раздѣла, одной половиной своего хода находясь по одну сторону ея, другой — по другую. Величина отклоненія пропорціональна синусу угла паденія a. При различной степени шероховатости поверхностей и при одинаковомъ углѣ паденія отклоненіе пропорціонально разности сопротивленія поверхности: можно путемъ наблюденій найти постоянный множитель n и отсюда показать, что отклоненіе всегда, вообще говоря, равно n sin a. Сопротивленія первой гладкой поверхности мы въ разсчетъ пока не принимаемъ. Наконецъ, отклоненіе зависитъ еще отъ разстоянія между колесиками, отъ длины, соединяющей ихъ оси. Если бъ у насъ было лишь одно колесо, оно совершенно не измѣнило бы направленія своего движенія, измѣнилась бы при этомъ лишь его скорость; вотъ почему отклоненіе пропорціонально разстоянію между колесиками. Если по направленію къ линіи раздѣла будетъ катиться въ одномъ направленіи цѣлый рядъ такихъ паръ колесъ съ различной длины осями, то по переходѣ своемъ на другую поверхность прежняго направленія онѣ не сохранятъ, онѣ разойдутся въ разныя стороны, причемъ тѣ изъ нихъ, у которыхъ ось длиннѣе, отклонятся отъ продолженія перпендикуляра къ линіи раздѣла больше, чѣмъ тѣ, у которыхъ ось короче.

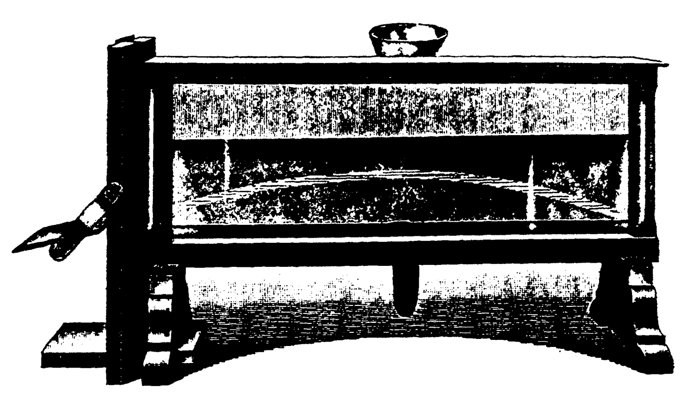


Рефракція, или лучепреломленіе въ атмосферѣ. Кажущееся положеніе звѣзды. Истинное положеніе звѣзды; E — земля. См. текстъ, стр. 205.

Совершенно такія же явленія наблюдаемъ мы и при распространеніи свѣта. Если направить лучъ свѣта на поверхность воды, то мы увидимъ, что онъ отклонится внизъ; произойдетъ преломленіе луча, и уголъ преломленія въ точности слѣдуетъ указанному нами закону синусовъ. Множитель n носитъ названіе показателя преломленія. Для случая воздуха и воды, этотъ показатель равенъ приблизительно 4 : 3. Приборъ, изображенный у насъ на стр. 201, позволяетъ убѣдиться въ справедливости только что выведенныхъ нами законовъ. Сосудъ, двѣ стѣнки котораго представляютъ собой два параллельныхъ круга, наполненъ до половины водой. На краю одного изъ этихъ круговъ нанесены дѣленія, такъ что уголъ паденія центральнаго луча, падающаго на поверхность воды, можетъ быть прочтенъ непосредственно; точно также по шкалѣ, находящейся внизу въ водѣ отсчитывается и уголъ преломленія.

Съ явленіемъ преломленія свѣта мы встрѣчаемся на каждомъ шагу. Намъ кажется, что прямая палочка, которую мы погрузили, придавъ ей косвенное положеніе, въ воду, на поверхности воды сломана (см. рисунокъ на стр. 202). Предметъ, лежащій на днѣ сосуда, который, если смотрѣть наискось, поставивъ глазъ въ уровень съ краемъ сосуда, невидимъ, снова будетъ виденъ надъ краемъ, если налить въ сосудъ воды. Это кажущееся поднятіе наблюдается нами и по отношенію къ солнцу; оно объясняется лучепреломленіемъ въ атмосферѣ, или такъ называемой рефракціей. Солнечные лучи, при переходѣ изъ пустоты въ воздушную оболочку земли, должны претерпѣть отклоненіе, которое будетъ тѣмъ больше, чѣмъ косѣе уголъ, подъ которымъ они въ нее попадаютъ, стало быть, наибольшее отклоненіе будетъ тогда, когда солнце на горизонтѣ; тѣмъ же измѣненіямъ долженъ подвергнуться и ходъ лучей, идущихъ отъ другихъ свѣтилъ. Благодаря такому лучепреломленію солнце появляется, какъ намъ кажется, надъ

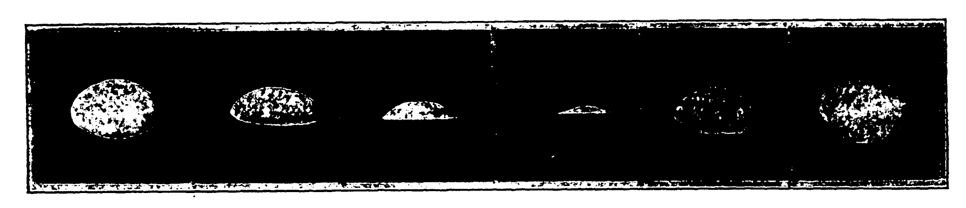
горизонтомъ въ то время, когда въ дѣйствительности оно еще подъ нимъ. Въ силу этого, въ нашихъ широтахъ продолжительность дня возрастаетъ приблизительно на пять минутъ, и кромѣ того солнечный дискъ на горизонтѣ имѣетъ эллиптическую форму, онъ какъ бы сжатъ въ направленіи горизонта, что прекрасно видно на помѣщенныхъ у насъ моментальныхъ снимкахъ съ заходящаго солнца (см. рисунокъ на стр. 203).



Преломленіе свѣта въ средахъ неодинаковой плотности. См. текстъ ниже.

Но въ нашей атмосферѣ преломленіе происходитъ далеко не такъ просто, какъ въ извѣстныхъ намъ до сихъ поръ наблюденіяхъ надъ распространеніемъ свѣта въ различныхъ серединахъ. Плотность и температура воздушныхъ слоевъ значительно убываютъ по направленію снизу вверхъ, измѣняется вмѣстѣ съ тѣмъ и ихъ преломляющая способность.

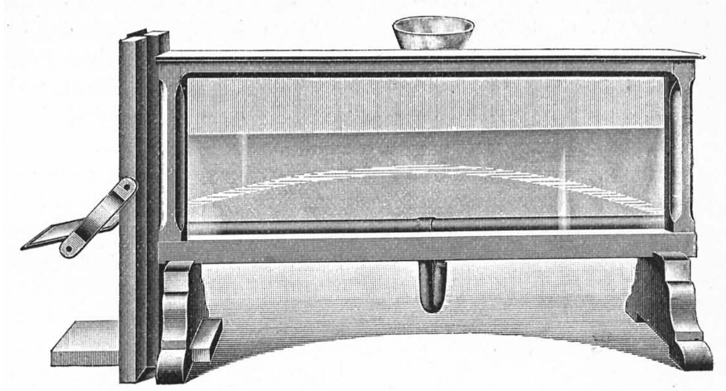
Преломленіе свѣтового луча происходитъ тутъ такъ, какъ будто онъ переходилъ бы при распространеніи внизъ все въ новыя и новыя среды; онъ преломляется не одинъ разъ, онъ испытываетъ преломленія все время и движется поэтому, какъ показано у насъ на рисункѣ (на стр. 204), по кривой. Наблюдатель видитъ звѣзду по направленію касательной къ концу этой кривой, оканчивающейся въ его глазу. Поэтому при опредѣленіи истиннаго положенія свѣтилъ приходится принять всѣ мѣры къ возможно болѣе точному опредѣленію лучепреломленія въ атмосферѣ, что сопряжено съ большими трудностями, потому что мы не знаемъ точныхъ температуръ тѣхъ слоевъ, черезъ которые проходитъ видимый нами лучъ. Наблюденія на горныхъ станціяхъ и съ воздушныхъ шаровъ показали, что въ верхнихъ слояхъ воздуха температурныя аномаліи далеко не столь рѣдки, какъ этого можно было бы ожидать. Благодаря такимъ аномаліямъ въ астрономическихъ наблюденіяхъ надъ свѣтилами, находящимися у горизонта, должны оказаться значительныя погрѣшности. Но чѣмъ больше высота свѣтила надъ горизонтомъ, тѣмъ меньше опасности представляется со стороны этого рода



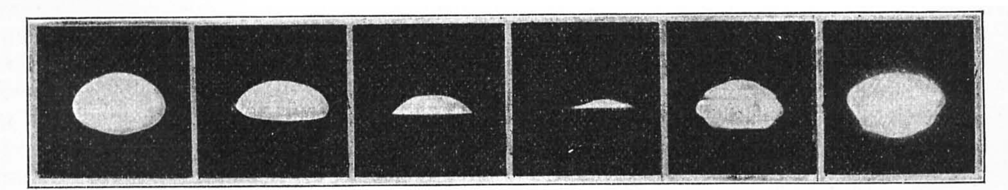
Искаженіе изображеній солнечнаго диска на горизонтѣ, обусловленное аномальнымъ свѣтопреломленіемъ. Съ фотографическихъ снимковъ, сдѣланныхъ на Ликской обсерваторіи. См. текстъ ниже.

погрѣшностей, и, наконецъ, для положенія въ зенитѣ, этой ошибки не существуетъ; этого требуетъ установленный нами выше законъ преломленія.

Можно воспроизвести кривизну свѣтового луча въ жидкости искусственно, заставляя его проходить черезъ среды, съ сильно возрастающими по направленію сверху внизъ плотностями. (см. рисунокъ выше). Аномальное преломленіе сказывается также очень часто въ искаженіяхъ видимаго нами солнечнаго диска при заходѣ солнца (см. рисунокъ выше) и въ явленіи такъ называемой фата-морганы. Вѣроятно той же причинѣ обязано своимъ происхожденіемъ и „Alpenglühen“. При исключительныхъ нагрѣваніяхъ или охлажденіяхъ извѣ-



Преломленіе свѣта въ средахъ неодинаковой плотности.
См. текстъ ниже.



Искаженіе изображеній солнечнаго диска на горизонтѣ, обусловленное аномальнымъ свѣтопреломленіемъ. Съ фотографическихъ снимковъ, сдѣланныхъ на Ликской обсерваторіи. См. текстъ ниже.

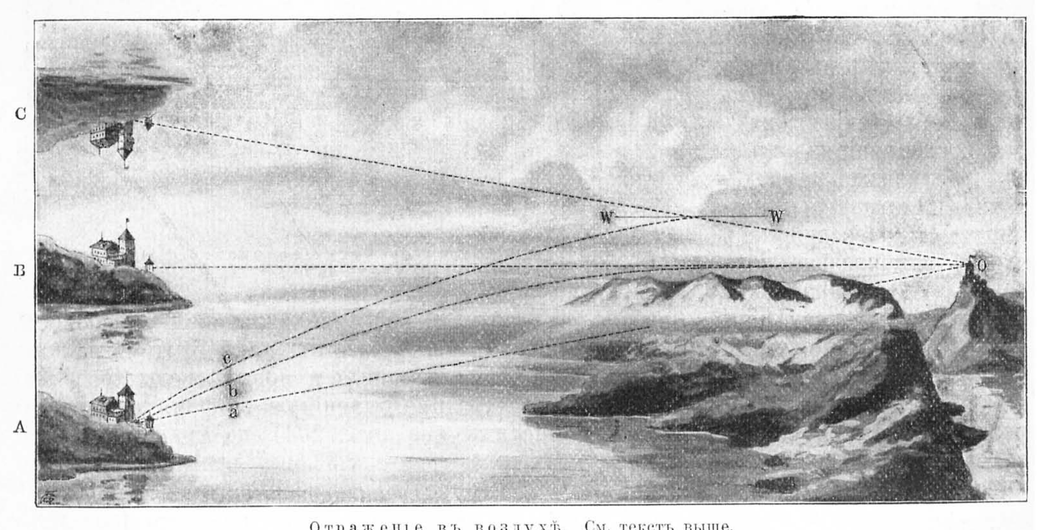
стныхъ областей нижнихъ воздушныхъ слоевъ они могутъ получить на нѣкоторомъ протяженіи аномальную лучепреломляющую способность, благодаря чему появляются надъ горизонтомъ или часто даже прямо въ воздухѣ цѣлыя мѣстности, башни и вершины зданій городовъ, которые при обычныхъ условіяхъ скрыты отъ нашего взора далеко за искривленіемъ поверхности земли. Бываетъ и такъ, что свѣтовые лучи, отразившись отъ слоевъ воздуха, почему либо особенно рѣзко отличныхъ другъ отъ друга, даютъ намъ обратныя изображенія отдаленныхъ предметовъ. Эти случаи поясняются нашими рисунками, помѣщ. ниже и на стр. 207. Миражъ въ пустынѣ (см. приложеніе) и обусловливается именно такими отра-



Отраженіе въ воздухѣ. См. текстъ выше.
a прямой лучъ отъ предмета A направляется въ мѣсто наблюденія O; b лучъ, претерпѣвшій искривленіе, благодаря аномальному лучепреломленію, переноситъ изображеніе предмета вверхъ въ B; c аномально искривленный лучъ, отразившись отъ воздушнаго слоя WW, даетъ обратное изображеніе предмета въ C.

женіями на границахъ неодинаково нагрѣтыхъ слоевъ воздуха. Въ полярныхъ странахъ, гдѣ чаще всего можно встрѣтить совмѣщеніе на близкомъ разстояніи рѣзко отличающихся другъ отъ друга температуръ, нерѣдко наблюдаютъ этого рода явленія. Часто бываетъ такъ, что рядомъ съ настоящимъ кораблемъ появляется зеркальное обратное изображеніе корабля,—миражъ морской, какъ у насъ на рисункѣ на стр. 208. Alpenglühen, которое бываетъ далеко не такъ часто, какъ думаютъ путешественники, принимающіе за это явленіе обыкновенно просто нѣсколько болѣе яркую зарю, наступаетъ послѣ зари уже тогда, когда вершины горъ погружены въ вечерній сумракъ. Необычную рефракцію вызываютъ, быть можетъ, тѣ нагрѣтые слои воздуха, который лежитъ въ обширныхъ альпійскихъ долинахъ, лучи, видимые въ сумерки, еще разъ появляются наверху, чтобы снова окрасить въ пурпуръ вершины горъ.

Мы видѣли, что свѣтовые лучи, при прохожденіи черезъ атмосферу, пріобрѣтаютъ видъ кривой. Мы можемъ представить себѣ такое свѣтило, для котораго это искривленіе будетъ равно его собственной кривизнѣ: поэтому здѣсь свѣтовые лучи, дошедшіе до извѣстнаго слоя воздуха, уже изъ него не возвращаются: они вращаются все время вокругъ этого свѣтила. Исходя изъ нѣкоторыхъ соображеній можно показать, что извѣстное число свѣтовыхъ лучей, исходящихъ изнутри солнца, должно начать движеніе по такимъ круговымъ орбитамъ, которыя описываются уже въ самомъ ядрѣ солнца. Эти области огромнаго состоящаго изъ газовъ шара, благодаря начинающемуся здѣсь и распространяющемуся во всѣ стороны свѣту, кажутся особенно яркими и производятъ впечатлѣніе имѣющаго опредѣленныя границы скопленія матеріи, чего на самомъ дѣлѣ можетъ и не быть. Солнце можетъ представлять изъ себя скопленіе массы газовъ, постепенно разсѣиваю-



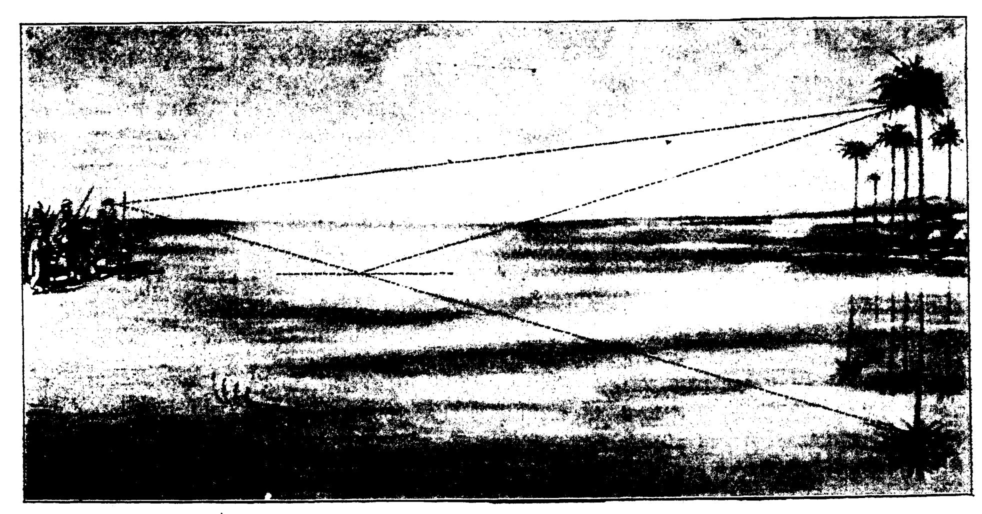
Отраженіе въ воздухѣ. См. текстъ выше.
a прямой лучъ отъ предмета A направляется въ мѣсто наблюденія O; b лучъ, претерпѣвшій искривленіе, благодаря аномальному лучепреломленію, переноситъ изображеніе предмета вверхъ въ B; c аномально искривленный лучъ, отразившись отъ воздушнаго слоя WW, даетъ обратное изображеніе предмета въ C.

Природа и ея силы.

Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

щихся въ пространствѣ, исключительную по плотности и яркости туманность, одну изъ тѣхъ, которыя мы сотнями видимъ на небѣ: что же касается до рѣзкихъ границъ ея поверхности, производящей на насъ впечатлѣніе чего-то твердаго, тѣлеснаго, то это только оптическій феноменъ. (См. „Мірозданіе“, В. Мейера).

Какъ бы то ни было эти соображенія показываютъ, что и въ области свѣта совокупность прямолинейныхъ движеній можетъ дать движеніе по круговымъ орбитамъ, на подобіе тѣхъ несравненно превосходящихъ эти движенія обращеній планетъ по орбитамъ, причину происхожденія которыхъ мы приписывали прямо-



Отраженіе въ водѣ. См. текстъ, стр. 206.

линейнымъ ударамъ свободныхъ атомовъ эфира. Приведемъ теперь таблицу атмосферическихъ рефракцій для различныхъ зенитныхъ разстояній, и измѣненіе ихъ въ зависимости отъ температуры воздуха на земной поверхности и воздушнаго давленія.

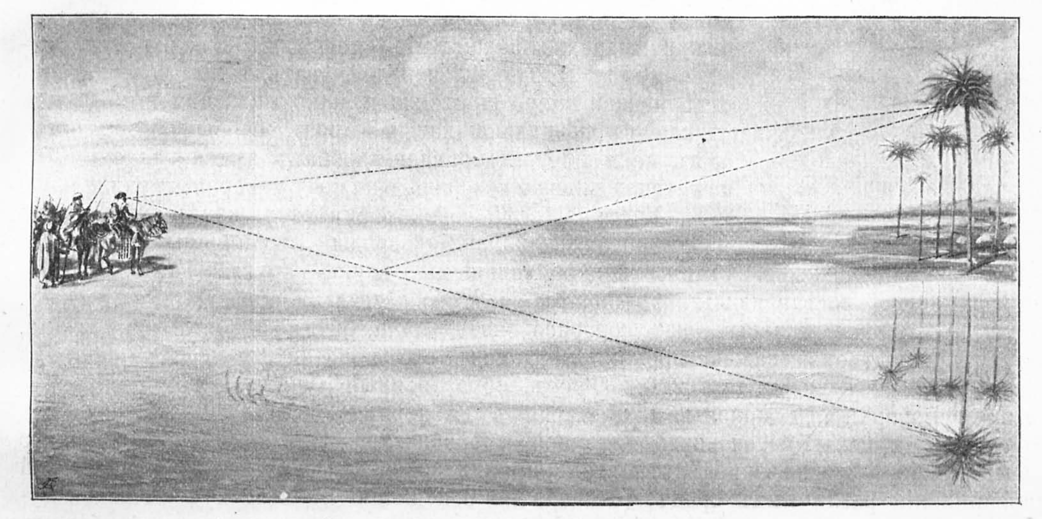
Таблица рефракцій:

Зенитное разстояніе.	α	Барометръ.	β	Температура	γ
0°	0′ 0″	700 мм.	0,069	— 10°	— 0,073
10°	10,2	710 „	0,055	0	— 0,034
20	21,0	720 „	0,042	+ 10	+ 0,002
30	33,3	730 „	0,029	+ 20	+ 0,036
40	48,4	740 „	0,015	+ 30	+ 0,068
50	1′ 8,7				
60	1 39,7				
70	2 37,3				
75	3 32,1				
80	5 16,2				
85	9 46,5				
90	34 54,1				

Рефракція
$$r = \alpha(1-\beta-\gamma).$$

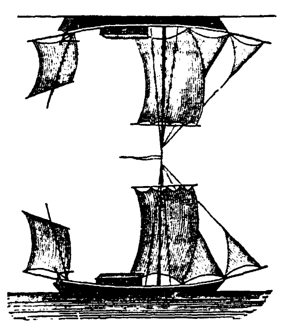
Теперь мы должны заняться дальнѣйшимъ изученіемъ особенныхъ свойствъ свѣтопреломленія, такъ какъ на нихъ основывается устройство почти всѣхъ оптическихъ инструментовъ, которые сослужили всѣмъ отраслямъ естествознанія такую исключительную по важности службу.

Прежде всего, при помощи простого геометрическаго построенія, можно показать, что свѣтовой лучъ, пройдя черезъ преломляющій слой, ограниченный параллельными плоскостями, въ первоначальную среду, совершенно не отклонится отъ



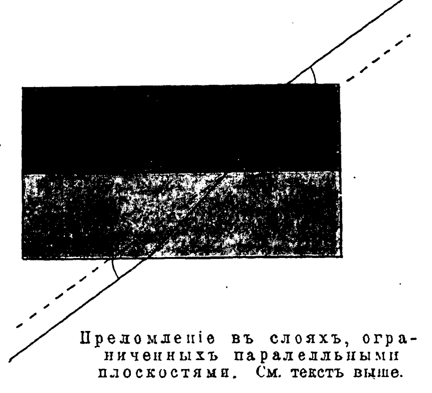
Отраженіе въ водѣ. См. текстъ, стр. 206.

первоначальнаго направленія. Въ какомъ бы направленіи ни прошелъ свѣтъ сквозь произвольной толщины стеклянную пластинку, ограниченную съ обѣихъ сторонъ параллельными плоскостями, онъ выйдетъ изъ нея по направленію, параллельному первоначальному направленію паденія, если только по обѣ стороны ея находится воздухъ, при одинаковыхъ условіяхъ температуры и давленія. Нашъ чертежъ ниже, показываетъ, что такъ непремѣнно и должно быть. То же самое должно произойти въ томъ случаѣ, когда лучъ, прежде чѣмъ попасть въ первоначальную среду, долженъ пройти рядъ средъ различной плотности, ограниченныхъ параллельными плоскостями. Если на плоскопараллельной, горизонтально лежащей стекляной пластинкѣ находится слой воды, и если направить сюда лучъ свѣта, то онъ испытаетъ преломленіе сперва на поверхности раздѣла между воздухомъ и водой, затѣмъ на поверхности, отдѣляющей воду отъ стекла и, наконецъ, при выходѣ изъ стекла въ воздухъ и каждый разъ особымъ образомъ; тѣмъ не менѣе, направленія обоихъ лучей, выходящаго изъ стекла внизу и входящаго въ воду наверху, параллельны.



Миражъ, наблюдаемый на морѣ. См. текстъ, стр. 206.

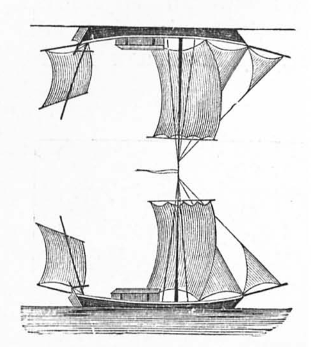
Картина, само собой разумѣется, измѣняется, когда различно преломляющія среды ограничены поверхностями, непараллельными другъ другу. Двѣ плоскія поверхности, составляющія другъ съ другомъ уголъ, образуютъ **призму**. Если прозрачное вещество, изъ котораго она сдѣлана, оптически плотнѣе воздуха, то лучъ испытаетъ дважды преломленіе; ходъ его показанъ у насъ на чертежѣ съ двумя призмами на стр. 210. Уголъ, образованный лучемъ, выходящимъ изъ второй поверхности призмы и падающимъ на первую ея поверхность, зависитъ отъ угла призмы и ея преломляющей способности. При помощи описаннаго нами прибора можно опредѣлить уголъ призмы, а затѣмъ и отношенія показателей преломленія различныхъ средъ, (сначала по отношенію къ воздуху). Такимъ путемъ можно подвергнуть изслѣдованію жидкости и газы; для этого мы беремъ полую стеклянную призму съ плоскопараллельными стѣнками и помѣщаемъ въ нее эти изслѣдуемыя вещества; мы знаемъ, что стекляныя стѣнки, ограничивающія эти вещества, не окажутъ никакого вліянія на ходъ свѣтовыхъ лучей.



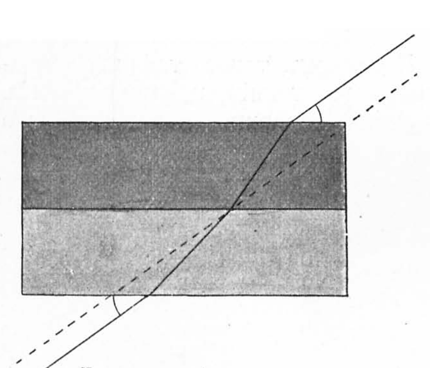
Преломленіе въ слояхъ, ограниченныхъ паралелльными плоскостями. См. текстъ выше.

Описанный нами пріемъ изслѣдованія позволяетъ опредѣлять лучепреломляющую способность различныхъ веществъ лишь по отношенію къ воздуху. Если мы желаемъ найти абсолютный показатель преломленія какого-либо вещества, мы должны опредѣлить сначала преломляющую способность воздуха по отношенію къ пустотѣ. Соотвѣтственнымъ образомъ распорядившись условіями опыта, мы отыщемъ и эту требуемую величину.

Выходящіе изъ призмы и вообще испытывающіе преломленіе лучи показываютъ, что ихъ строеніе сложно; они распадаются на **разноцвѣтные**, отклоненные другъ отъ друга лучи, свойствами которыхъ мы намѣрены заняться болѣе подробно нѣсколько позже. А теперь отмѣтимъ пока лишь тотъ фактъ, что обстоятельство, которымъ сопровождался переходъ паръ колесъ, соединенныхъ неодинаковой длины осями, съ одной поверхности на другую, представляющую иное сопротивленіе, имѣетъ свою параллель и въ свѣтовыхъ дѣйствіяхъ. На основаніи всего того, что мы узнали, изучая явленіе преломленія свѣта, мы съ полнымъ правомъ можемъ утверждать, что свѣтовой лучъ представляетъ собой нѣчто матеріальное и сложное, и что онъ встрѣчаетъ въ другой матеріи, въ скопленіяхъ атомовъ въ тѣлахъ, сопротивленіе. Если мы вспомнимъ, что при разсмотрѣніи

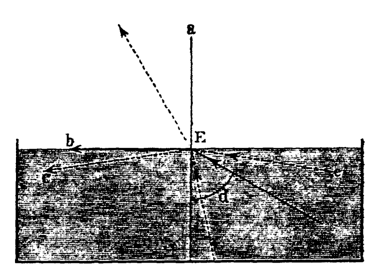


Миражъ, наблюдаемый на морѣ. См. текстъ, стр. 206.



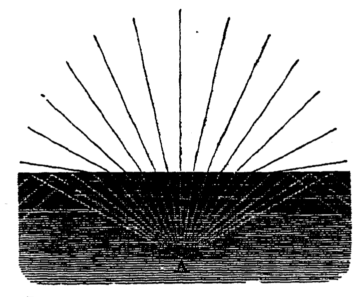
Преломленіе въ слояхъ, ограниченныхъ паралелльными плоскостями. См. текстъ выше.

свойствъ лучистой теплоты, мы признавали свѣтъ лишь достаточно сильнымъ лучеиспусканіемъ теплоты, обладающимъ другимъ физіологическимъ дѣйствіемъ, то мы тотчасъ же поймемъ и найденныя нами свойства лучей свѣтовыхъ. Лучи исходятъ изъ колеблющихся молекулъ раскаленнаго тѣла въ видѣ потока свободныхъ атомовъ эѳира, отбрасываемыхъ отъ этой совокупности молекулъ во всѣ стороны. Атомы эѳира, исходящіе изъ молекулы тѣла, испускающаго лучи, и падающіе на молекулу тѣла, эти лучи воспринимающаго, очевидно связаны другъ съ другомъ извѣстными соотношеніями, опредѣляемыми колебаніями молекулы, отбрасывающей свѣтъ. Если она описываетъ круговую орбиту, то связанные между собой отбрасываемые отъ нея одинъ за другимъ эѳирные атомы должны расположиться по спирали. Въ сѣченіи такая спираль даетъ волнообразную линію. Лучистая теплота и свѣтъ распространяются при посредствѣ волнъ эѳира, форма и другія свойства которыхъ зависятъ отъ кругового характера движеній молекулъ тѣла, испускающаго лучи. Отсюда слѣдуетъ, что скорость тепловыхъ и свѣтовыхъ дѣйствій и скорость этого волнообразнаго движенія — понятія не однозначущія. Это не удары эѳирныхъ атомовъ, которые производятся свѣтомъ и тепломъ; эти атомы могутъ отразиться отъ молекулы, находящейся въ совершенномъ покоѣ, находящейся при температурѣ абсолютнаго нуля. По нашей гипотезѣ, удары атомовъ эѳира являются причиной дѣйствій тяготѣнія, а кажущееся движеніе волнъ эѳира обусловлено лишь измѣненіями средней ихъ скорости. Наши задачи требуютъ отъ насъ, чтобы мы совершенно отказались отъ разсмотрѣнія поступательнаго движенія этихъ атомовъ, чтобы мы свое изслѣдованіе вели, начиная съ этого момента и впредь такъ, какъ если бы атомы эти выполняли только колебательныя движенія.

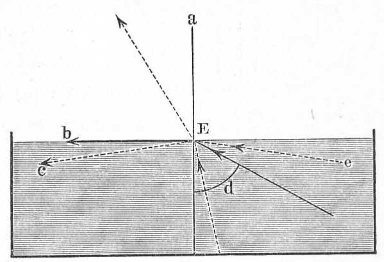


Лучепреломленіе. См. текстъ, стр. 210. a перпендикуляръ, возставленный въ точкѣ паденія; b лучъ, идущій по поверхности; ес лучъ, испытавшій полное внутреннее отраженіе; d предѣльный уголъ полнаго внутренняго отраженія.

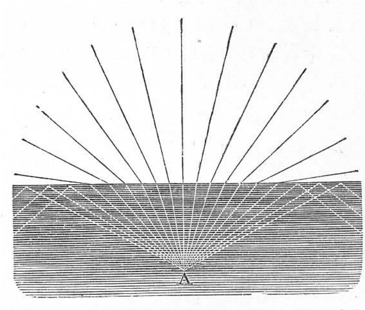
Мы показали, что свѣтъ, при прохожденіи черезъ тѣла, встрѣчаетъ сопротивленіе, и потому можемъ не сомнѣваясь предположить, что сопротивленіе это стоитъ въ тѣсной связи съ внутренними молекулярными свойствами разнаго рода веществъ, въ особенности же съ ихъ плотностью. Вспомнимъ, что всѣ факты заставляли насъ смотрѣть на молекулярную ткань даже твердыхъ веществъ, какъ на ткань съ очень широкими просвѣтами по сравненію съ величиной потоковъ атомовъ первичныхъ или, что все равно, атомовъ эѳира; поэтому, наряду съ плотностью, съ какой молекулы прилегаютъ другъ къ другу, въ вопросѣ о большей или меньшей легкости проникновенія этихъ эѳирныхъ волнъ въ матерію, играетъ извѣстную роль расположеніе молекулъ. Предположимъ, что въ какомъ-нибудь тѣлѣ молекулы расположены рядами, такъ что между ними имѣются длинные прямолинейные просвѣты; въ этомъ случаѣ, при извѣстной величинѣ амплитудъ, такое расположеніе молекулъ предоставляетъ волнамъ эфира бóльшую свободу проникновенія, чѣмъ расположеніе молекулъ, лишенное какого бы то ни было порядка. Мы вспоминаемъ, что существованіе такого рода особенныхъ расположеній мы предполагали въ кристаллахъ.


Полное внутреннее отраженіе См. текстъ, стр. 210.

Въ кристаллахъ въ силу этого мы въ правѣ во всякомъ случаѣ ожидать аномалій въ преломленіи, и этому вопросу мы потомъ посвятимъ немало мѣста. Теперь мы замѣтимъ, что такъ называемой оптической плотности не должна непремѣнно сопутствовать дѣйствительная плотность молекулярнаго строенія, но можно указать теоретическія основанія для признанія необходимости существованія извѣстнаго соотношенія между преломляющей способностью какого-нибудь тѣла, —

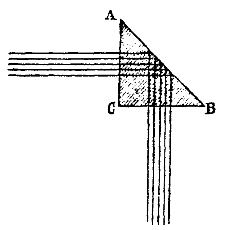


Лучепреломленіе. См. текстъ, стр. 210. a перпендикуляръ, возставленный въ точкѣ паденія; b лучъ, идущій по поверхности; ec лучъ, испытавшій полное внутреннее отраженіе; d предѣльный уголъ полнаго внутренняго отраженія.



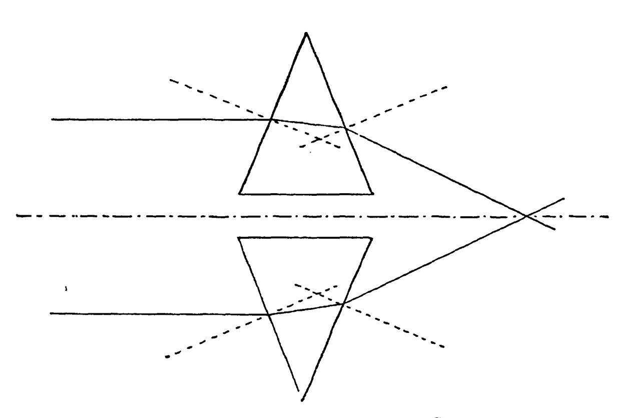
Полное внутреннее отраженіе
См. текстъ, стр. 210.

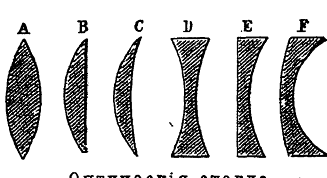
n и его плотностью, — d: для всѣхъ тѣлъ выраженіе $R = \frac{1}{d}\frac{n^2-1}{n^2+2}$ представляетъ собой величину постоянную, которая не измѣняется ни при какихъ особенныхъ измѣненіяхъ состоянія тѣла подъ вліяніемъ температуры, и ни при переходѣ его изъ одного аггрегатнаго состоянія въ другое. Наблюденіе показываетъ, что эти теоретическія соображенія правильны. Эта постоянная R носитъ названіе удѣльнаго показателя преломленія. Умноживъ R на молекулярный вѣсъ какого-либо вещества, получимъ его молекулярную рефракцію.



Призма полнаго внутренняго отраженія. См. текстъ, стр. 211.

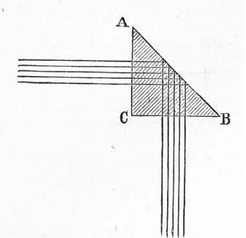
Приступая къ дальнѣйшему разсмотрѣнію свойствъ преломленныхъ лучей, обратимся опять къ закону преломленія, который выражается формулой $n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$ гдѣ n — показатель преломленія, α — уголъ паденія, а β — уголъ преломленія. Теперь обратимъ вниманіе на лучъ, который проходитъ уже по поверхности, разграничивающей обѣ среды различной плотности (на чертежѣ, помѣщенномъ на стр. 209 этотъ лучъ обозначенъ буквой b). Уголъ паденія этого луча равенъ 90°, а синусъ его = 1. Написанное нами выраженіе для закона преломленія приметъ такой видъ: $\sin\beta = \frac{1}{n}$. Показатель преломленія воды по отношенію къ воздуху равенъ, какъ мы нашли, $^4/_3$; отсюда мы получаемъ, что $\sin\beta = {^3/_4}$, а $\beta = 48^1/_2{}^0$. Лучи, которые отовсюду сходятся къ одной произвольной точкѣ поверхности воды (мы обозначили на своемъ чертежѣ эту точку буквой E) и которые, стало быть, образуютъ надъ поверхностью воды пучекъ съ отверстіемъ угла въ 180°, проникаютъ въ воду въ видѣ пучка съ растворомъ угла при вершинѣ E въ два раза большимъ, нежели $48^1/_2{}^0$, то есть въ 97°. Въ болѣе плотной, нежели воздухъ, средѣ они сильно сближаются, концентрируются. Если бы, кромѣ этого пучка, свѣтъ не проникалъ въ воду никакими другими путями, то вода была бы освѣщена лишь на протяженіи, захватываемомъ этимъ пучкомъ въ 97°, и внѣ его въ водѣ было бы совершенно темно. Мы называемъ уголъ, который этотъ крайній лучъ, еще проникающій въ болѣе плотную среду, образуетъ съ перпендикуляромъ въ точкѣ паденія, предѣльнымъ угломъ. Лучъ *ec*, лежащій внѣ его, изъ воды выйти уже не можетъ.


Преломленіе лучей двумя призмами. См. текстъ, стр. 211.

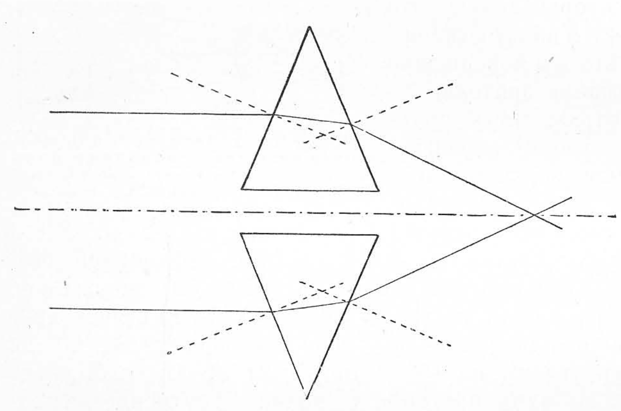


Оптическія стекла. См. текстъ, стр. 212.

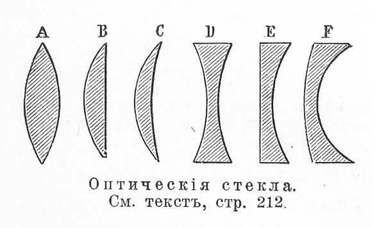
Если ходъ луча будетъ въ обратномъ направленіи, то вмѣстѣ съ тѣмъ получатся и обратныя по смыслу дѣйствія (см. чертежъ на стр. 209). Пучекъ лучей распространяется въ водѣ изъ точки A; лишь пучекъ съ отверстіемъ въ 97° градусовъ можетъ выйти изъ воды, распространяясь затѣмъ по всей поверхности воды подъ угломъ въ 180°. Преломленные лучи, кромѣ того, отчасти отразятся отъ преломляющей поверхности; здѣсь, стало быть, они разлагаются на двѣ части; лучи, которые идутъ по направленію къ поверхности раздѣла по области, лежащей внѣ предѣльнаго угла преломленія, отразятся обратно въ воду, съ той лишь разницей, что теперь они пройдутъ по другую сторону предѣльнаго угла; они претерпятъ полное внутреннее отраженіе. Поэтому предѣльный уголъ носитъ также названіе угла полнаго внутренняго отраженія.



Призма полнаго внутренняго отраженія. См. текстъ, стр. 211.

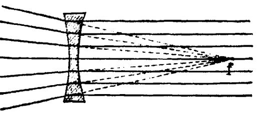


Преломленіе лучей двумя призмами. См. текстъ, стр. 211.



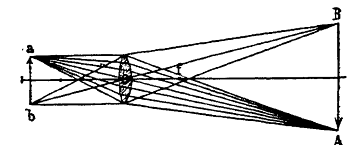
Оптическія стекла. См. текстъ, стр. 212.

Полное внутреннее отраженіе проявляется особенно красиво въ **голубомъ гротѣ на Капри**. Ярко освѣщенная дневнымъ свѣтомъ вода внѣ грота, посылаетъ черезъ отверстіе въ гротѣ, находящееся чуть не совсѣмъ подъ водой, свои лучи въ воду, наполняющую гротъ, снизу ея поверхности; лучи эти падаютъ подъ острымъ угломъ, который больше предѣльнаго угла. Благодаря этому свѣтъ на поверхность выйти не можетъ и освѣщаетъ воду и всѣ находящіеся въ ней предметы совершенно фантастически; предметы, находящіеся подъ водой, пріобрѣтаютъ яркій серебристый блескъ, а изъ самой воды выходитъ тотъ своеобразный разсѣянный голубой свѣтъ, отъ котораго гротъ получилъ свое названіе.



Разсѣивающее оптическое стекло. См. текстъ, стр. 213.

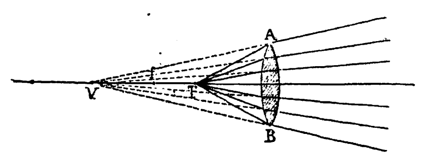
Полнымъ внутреннимъ отраженіемъ пользуются при устройствѣ игры цвѣтовъ въ такъ называемыхъ свѣтящихся фонтанахъ. Свѣтовой лучъ, направленный снизу въ струю воды такъ, чтобы уголъ его паденія былъ выше предѣльнаго, выйти изъ нея не можетъ. Постоянно отражающіеся отъ внутренней поверхности струи свѣтовые лучи производятъ такое впечатлѣніе, какъ будто вода ихъ уноситъ съ собой; намъ кажется, что вода свѣтится и тамъ, гдѣ струя, достигнувъ извѣстной высоты, перегибается и въ той части ея, которая падаетъ внизъ. Вода, которая только что какъ бы сама свѣтилась, разсыпается внизу дождемъ искръ, и такъ какъ источника свѣта мы совершенно не видимъ, то это особенно поражаетъ зрителя.



Обратное дѣйствительное изображеніе въ собирательномъ стеклѣ. AB предметъ; ab дѣйствительное изображеніе. См. текстъ, стр. 213.

Но полнымъ внутреннимъ отраженіемъ пользуются и въ наукѣ. Поверхность, вполнѣ отражающая свѣтъ, будетъ наилучшимъ изъ зеркалъ, такъ какъ она отбрасываетъ падающіе лучи всѣ цѣликомъ, тогда какъ въ металлическомъ зеркалѣ происходитъ поглощеніе извѣстнаго процента лучей, а при зеркальной стеклянной поверхности преломленные лучи при обычныхъ условіяхъ на зеркальное изображеніе дѣйствія не оказываютъ. Если на грань призмы ABC, имѣющей прямой двугранный уголъ, падаетъ перпендикулярно къ ней свѣтовой лучъ, то на поверхности AB онъ упадетъ подъ угломъ въ 45^0, а такъ какъ предѣльный уголъ для воздуха и стекла равенъ 42^0, то лучъ претерпитъ полное внутреннее отраженіе и выйдетъ по другую сторону призмы, не испытавъ ни ослабленія, ни преломленія, выйдетъ, стало быть, снова перпендикулярно. Во многихъ оптическихъ инструментахъ употребленіе такой призмы полнаго внутренняго отраженія приноситъ очень большую пользу (см. чертежъ на стр. 210).

Двѣ одинаковыхъ призмы могутъ быть установлены такъ, что основанія ихъ будутъ лежать въ параллельныхъ плоскостяхъ. Направляемъ на эти призмы съ одной и той же стороны по параллельному лучу (см. чертежъ на стр. 210). Тогда эти лучи, выйдя изъ призмъ, пересѣкутся въ одной точкѣ, и разстояніе отъ этой точки до призмъ зависитъ отъ угловъ призмъ и отъ ихъ показателей преломленія. Чѣмъ больше уголъ призмы и ея показатель преломленія, тѣмъ эта точка къ призмамъ ближе и наоборотъ. Это сведеніе двухъ лучей въ одну точку имѣетъ, какъ мы видимъ, большое сходство съ дѣйствіемъ двухъ симметрично расположенныхъ элементовъ вогнутаго зеркала, съ той лишь разницей, что въ вогнутомъ зеркалѣ эта точка лежитъ передъ оптически дѣйствующей поверхностью зеркала, а въ призмахъ за этими поверхностями.

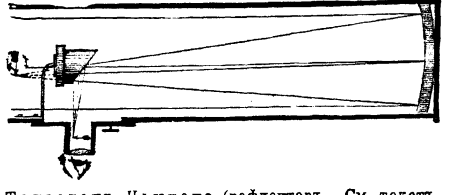


Прямое мнимое изображеніе въ собирательномъ стеклѣ. См. текстъ, стр. 213.

Мы уже пробовали замѣнять дѣйствіе вогнутаго зеркала дѣйствіемъ комбинаціи плоскихъ зеркалъ, установленныхъ подъ извѣстнымъ угломъ другъ къ другу; точно такимъ же путемъ можно устроить теперь поверхность преломляющую, ко-

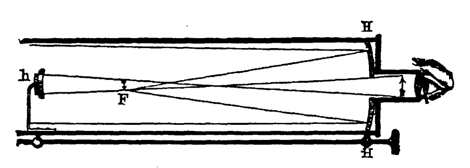
торая будетъ, какъ вогнутое зеркало, сводить всѣ падающіе на нее лучи въ одну точку. Въ результатѣ будутъ получаться такія же изображенія, какъ и въ вогнутыхъ зеркалахъ, только находиться они будутъ за преломляющей поверхностью. Но въ данномъ случаѣ во всякаго рода разсчетахъ, какъ, напримѣръ, при опредѣленіи фокусныхъ разстояній, какъ мы показали, играетъ роль показатель преломленія.

Искривленную сказаннымъ образомъ, дѣйствующую, какъ вогнутое зеркало, преломляющую поверхность называютъ по внѣшнему виду, который ей обыкновенно придаютъ, чечевицей (линзой); вотъ всѣ возможныя комбинаціи преломляющихъ поверхностей, которыя представляютъ изъ себя опять таки сегменты шаровыхъ поверхностей (см. нижній рисунокъ на стр. 210): одна сторона изогнута наружу, выпуклая, другая плоская, — это плосковыпуклая чечевица (B). Если кривизна поверхности имѣетъ направленіе внутрь, оптическое стекло носитъ названіе плосковогнутаго (E). При другихъ комбинаціяхъ этихъ поверхностей получатся стекла двояковыпуклыя, или такъ называемыя собирательныя стекла (A), двояковогнутыя, или разсѣивательныя (D), вогнутовыпуклыя и выпукловогнутыя стекла (C и F). Но этимъ стекламъ, въ виду того, что шлифовкой придаютъ ихъ поверхностямъ форму не параболическую, а шаровую, присуща та же погрѣшность, что и вогнутымъ зеркаламъ, то есть явленіе сферической аберраціи; поэтому для наилучшаго сведенія лучей въ одну точку и для возможнаго устраненія сказанной погрѣшности, необходимо позаботиться о выполненіи извѣстнаго намъ условія, то есть о томъ, чтобы отверстіе стекла по сравненію съ діаметромъ шара было по возможности очень мало. Въ силу этого приходится дѣлать стекла очень тонкими. Въ собирательныхъ стеклахъ, которыя по серединѣ имѣютъ сравнительно большую толщину, наблюдается значительная сферическая аберрація.



Телескопъ Ньютона (рефлекторъ. См. текстъ, стр. 213.

Чисто геометрическія построенія, выполненіе которыхъ представляетъ собой простую математическую задачу, показываютъ намъ, что положеніе фокуса f, по отношенію къ центру кривизны той и другой поверхности двояковыпуклаго стекла, при радіусахъ r_1 и r_2, опредѣляется изъ слѣдующей зависимости: $\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$.

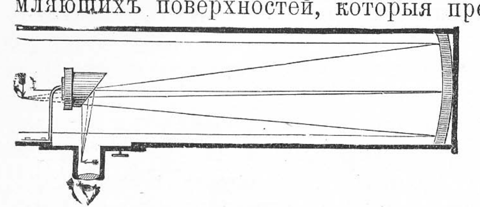


Телескопъ Грегори (рефлекторъ). См. текстъ, стр. 215.

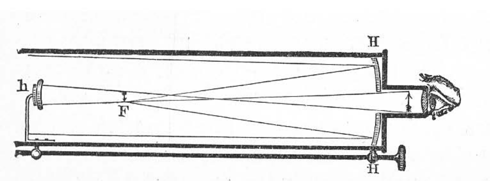
Эта формула тождественна во всемъ, кромѣ множителя, содержащаго показатель преломленія n, съ той зависимостью, которую мы нашли для двухъ сопряженныхъ точекъ вогнутаго зеркала; ею можно пользоваться и во всѣхъ прочихъ комбинаціяхъ поверхностей въ оптическихъ стеклахъ; если одна изъ поверхностей — плоскость, то r становится безконечно большимъ; если поверхность вогнутая, то соотвѣтствующее ей r надо считать отрицательнымъ. Для стекла плосковогнутаго, а тѣмъ болѣе для двояковогнутаго, все выраженіе становится отрицательнымъ, другими словами, фокусъ долженъ находиться по ту же сторону отъ стекла, что и предметъ. Лучи, выходящіе отсюда, по другую сторону стекла должны разсыпаться во всѣ стороны: такое стекло разсѣиваетъ свѣтъ, какъ выпуклое зеркало.

Условія возникновенія изображеній въ вогнутыхъ зеркалахъ и въ чечевицахъ во всемъ одни и тѣ же. А потому теперь, говоря объ оптическихъ стеклахъ, мы приводимъ лишь одни результаты. Оказывается, что, если предметъ находится за фокуснымъ разстояніемъ двояковыпуклаго стекла (разстоянія отсчитываются отъ стекла), то получится дѣйствительное и обратное изображеніе его по другую сторону стекла. Величина этого изображенія, по сравненію съ величиной самого предмета, пропорціональна разстояніямъ ихъ отъ собирательнаго стекла. Если предметъ T находится между стекломъ и его фокусомъ, то получается, какъ

мляющихъ поверхностей, которыя пре



Телескопъ Ньютона (рефлекторъ. См. текстъ, стр. 213.

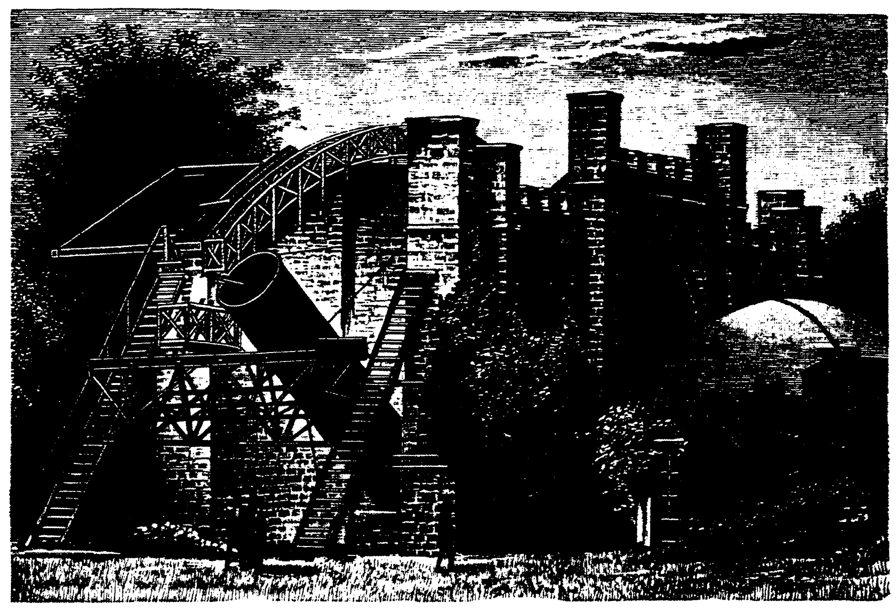


Телескопъ Грегори (рефлекторъ). См. текстъ, стр. 215.

и въ вогнутомъ зеркалѣ, прямое мнимое и увеличенное изображеніе V; но тамъ оно находилось за зеркаломъ, а здѣсь вмѣстѣ съ предметомъ по сю сторону отъ стекла; собирательное стекло дѣйствуетъ въ этомъ случаѣ, какъ лупа. Чертежи на стр. 211 уясняютъ еще болѣе ходъ лучей.

d) Оптическіе инструменты.

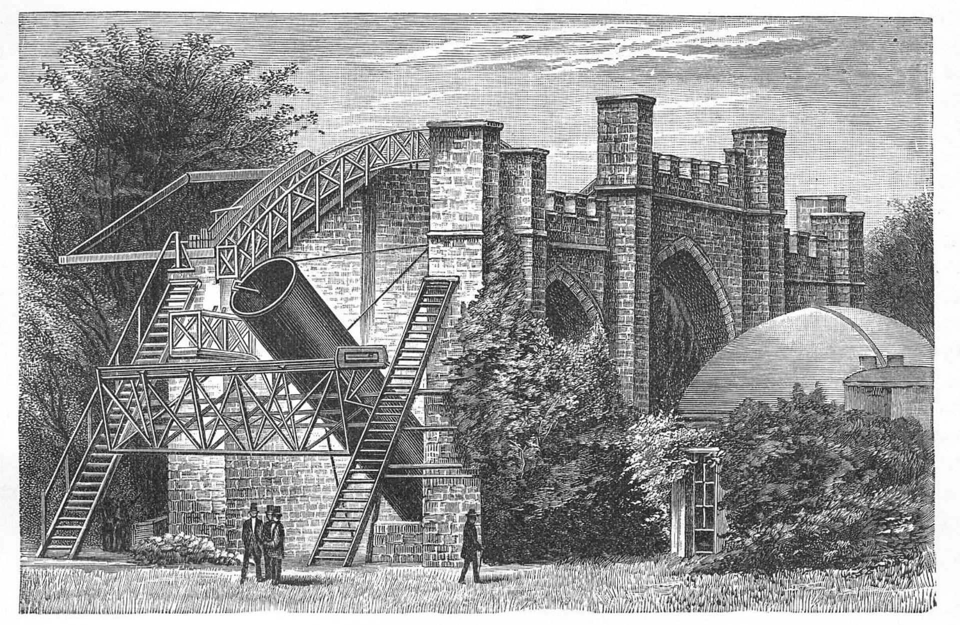
Пользуясь пріобрѣтенными нами свѣдѣніями, разсмотримъ теперь устройство главнѣйшихъ оптическихъ инструментовъ, не касаясь тѣхъ приспособленій, которыми достигается уменьшеніе хроматической аберраціи въ оптическихъ стеклахъ.



Телескопъ Левіаѳанъ лорда Росса. Изъ „Мірозданія", В. Мейера. См. текстъ, стр. 215.

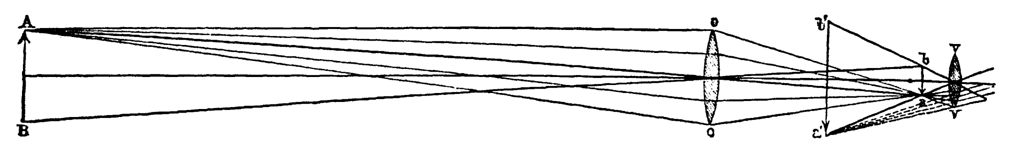
Различаютъ два рода зрительныхъ трубъ, рефлекторы и рефракторы. Въ первыхъ главной оптической поверхностью является вогнутое зеркало; въ рефракторахъ же эту роль исполняетъ оптическое стекло или комбинація оптическихъ стеколъ.

Раньше, вплоть до начала 19-го вѣка, для полученія увеличенныхъ изображеній отдаленныхъ предметовъ въ большомъ ходу были рефлекторы, потому что въ нихъ не замѣчается сферической аберраціи, съ которой справляться научились лишь въ самое недавнее время. Мы знаемъ, что въ вогнутомъ зеркалѣ изображенія предметовъ очень отдаленныхъ получаются въ обратномъ видѣ, въ фокусѣ. Если-бъ мы пожелали разсматривать это изображеніе непосредственно, намъ пришлось бы стать передъ зеркаломъ и такимъ образомъ закрыть своимъ тѣломъ часть попадающихъ на зеркало лучей, исходящихъ изъ предмета. Чтобы этого не было, ставимъ на нѣкоторомъ разстояніи передъ фокусомъ зеркала, подъ угломъ въ 45^0 къ центральному лучу его, небольшое плоское зеркало, которое, какъ видно изъ чертежа на стр. 212 и отводитъ въ сторону весь свѣтовой пучекъ. Теперь мы можемъ разсматривать это изображеніе или непосредственно, или въ собирательное стекло; въ послѣднемъ случаѣ собирательное стекло ставятъ на небольшомъ разстояніи отъ фокуса, за нимъ, и пользуются имъ, какъ лупой. приближая глазъ къ самому стеклу такъ, чтобы онъ находился между поверхностью чечевицы и ея фокусомъ. Лупа, которую въ этомъ случаѣ называютъ окуляромъ, еще болѣе увеличиваетъ первоначальное изображеніе въ фокусѣ. Что касается



Телескопъ Левіаѳанъ лорда Росса. Изъ „Мірозданія“, В. Мейера. См. текстъ, стр. 215.

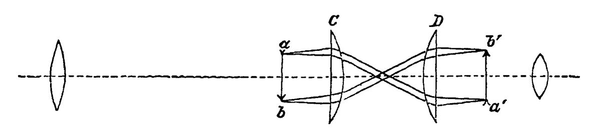
увеличенія и яркости изображенія то, какъ мы уже показали (стр. 201), первое пропорціонально фокусному разстоянію, вторая — величинѣ отверстія. Къ непосредственному увеличенію, производимому вогнутымъ зеркаломъ (увеличеніе объектива)



Подзорная труба Кеплера. См. текстъ, стр. 215.

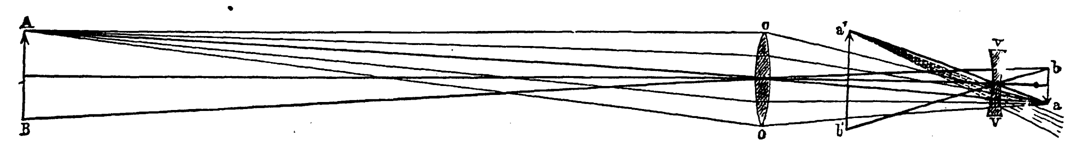
присоединяется увеличеніе окуляромъ, лупой. Если размѣры этихъ увеличеній выразить, какъ теперь общепринято, линейно, то окажется, что яркость изображенія обратно пропорціональна квадратамъ его увеличеній. Отъ уменьшенія фокуснаго разстоянія и соотвѣтственнаго увеличенія окуляра мы, стало быть, ничего, въ смыслѣ яркости изображенія, не выгадываемъ. При астрономическихъ наблюденіяхъ часто мы можемъ съ успѣхомъ ограничиться лишь возможностью распознать очень слабо освѣщенное тѣло.

Но иногда, наоборотъ, мы ставимъ себѣ задачу точно разсмотрѣть въ предметѣ какъ можно больше подробностей. Это бываетъ, напримѣръ, тогда, когда рѣчь идетъ объ изученіи поверхностей тѣлъ, входящихъ въ нашу планетную систему, которыя обладаютъ настолько значительнымъ количествомъ свѣта, что могутъ дать увеличенныя изображенія, пригодныя и для обстоятельнаго изслѣдованія.



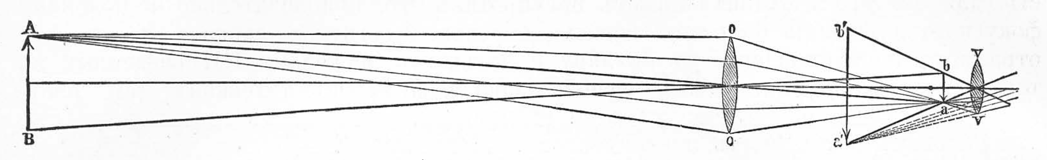
Земная подзорная труба. См. текстъ, стр. 216.

Для такихъ изслѣдованій употребляютъ поэтому телескопы съ возможно большимъ фокуснымъ разстояніемъ, причемъ можно не особенно увеличить размѣры отверстія объектива и въ то же время получить достаточно отчетливое изображеніе со всѣми требуемыми подробностями вплоть до самыхъ его краевъ. Слишкомъ большая яркость можетъ оказаться тутъ даже вредной, такъ какъ при этомъ самыя тонкія детали, очень близко лежащія другъ отъ друга, будутъ взаимно освѣщаться и такимъ образомъ отъ нашего наблюденія ускользнутъ. Другія требованія предъявляемъ при наблюденіи богатаго царства неподвижныхъ звѣздъ, которыя удалены отъ насъ настолько, что, какъ бы мы ихъ ни увеличи-

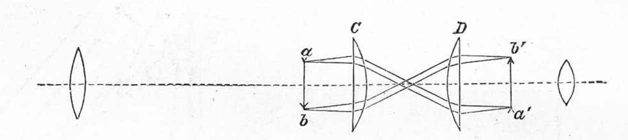


Галилеева труба. См. текстъ, стр. 216.

вали оптически, онѣ попрежнему будутъ представляться намъ точками. Поэтому для того, чтобы имѣть возможность видѣть какъ можно больше самыхъ слабыхъ неподвижныхъ звѣздъ, надо стараться, главнымъ образомъ, ничего не терять въ ихъ яркости, а для этого необходимы объективы съ большими отверстіями. Разумѣется, нельзя при этомъ брать слишкомъ малыхъ фокусныхъ разстояній, а слѣдовательно и увеличеній, потому что въ такомъ случаѣ изображенія отдѣльныхъ свѣтящихся точекъ отдѣльныхъ звѣздъ получатся такъ близко другъ отъ друга, что разсмотрѣть положеніе каждой особо будетъ уже невозможно. Отсюда мы видимъ, что наиболѣе удовлетворяющей всѣмъ цѣлямъ комбинаціей является большое фокусное разстояніе вмѣстѣ съ большимъ же отверстіемъ, которое всегда можно уменьшить при помощи діафрагмы.



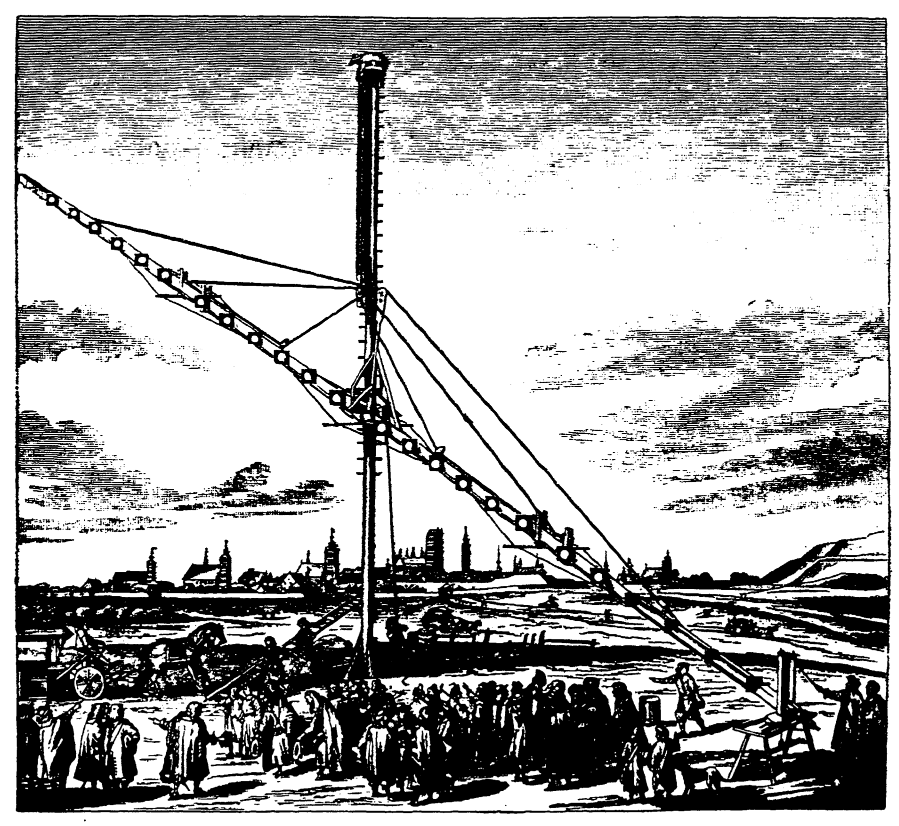
Подзорная труба Кеплера. См. текстъ, стр. 215.



Земная подзорная труба. См. текстъ, стр. 216.

Галилеева труба. См. текстъ, стр. 216.

Отражательному телескопу, описанному нами выше, всегда можно придать другую форму, болѣе удобную для отысканія наблюдаемыхъ предметовъ (см. рис. на стр. 212). Съ этой цѣлью посреди вогнутаго зеркала НН продѣлываютъ отверстіе для окуляра и устанавливаютъ насупротивъ его, приблизительно на половинѣ фокуснаго разстоянія большого зеркала, маленькое вогнутое зеркало h, которое отражаетъ по направленію къ окуляру F большимъ зеркаломъ НН сведенный въ точку пучекъ параллельныхъ лучей, попадающихъ въ телескопъ (см. рисунокъ). Въ такихъ телескопахъ мы наблюдаемъ предметъ непосредственно, тогда какъ въ телескопахъ описанной раньше конструкціи мы должны смотрѣть сбоку въ отверстіе на верхнемъ концѣ трубы.

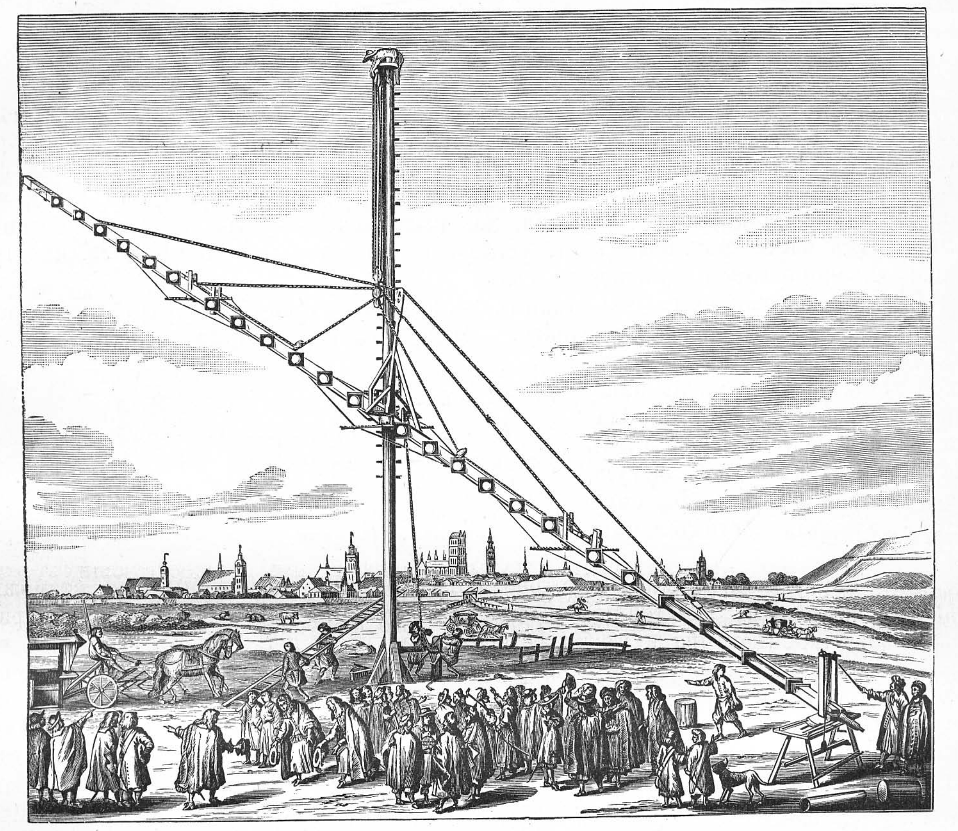


Большой телескопъ Гевеліуса. Изъ „Machina coelestis" Гевеліуса. См. текстъ, стр. 216.

Прославленными въ астрономическомъ мірѣ стали два отражательныхъ телескопа: телескопъ Вилліама Гершеля и лорда Росса. Второй, рисунокъ котораго помѣщенъ у насъ на стр. 213, до сихъ поръ приноситъ наукѣ огромную пользу.

Рефлекторы, благодаря тому, что свѣтъ отражается въ нихъ дважды, теряютъ много въ яркости изображеній, рефракторы же, если только размѣры ихъ стеколъ не оченъ велики, поглощаютъ свѣта немного. Въ этомъ состоитъ одно изъ важнѣйшихъ преимуществъ рефракторовъ передъ рефлекторами.

Примѣняющіяся въ рефракторахъ комбинаціи оптическихъ стеколъ носятъ самый разнообразный характеръ. Самой простой и въ то же время по оптическимъ свойствамъ наиболѣе сходной съ описанными выше рефлекторами трубой является такъ называемая астрономическая подзорная труба, или труба Кеплера (см. рис. на стр. 214). Въ главныхъ чертахъ устройство ея состоитъ въ слѣдующемъ: два собирательныхъ стекла служатъ: одно OO — ея объективомъ, другое



Большой телескопъ Гевелiуса. Изъ „Machina coelestis“ Гевелiуса. См. текстъ, стр. 216.

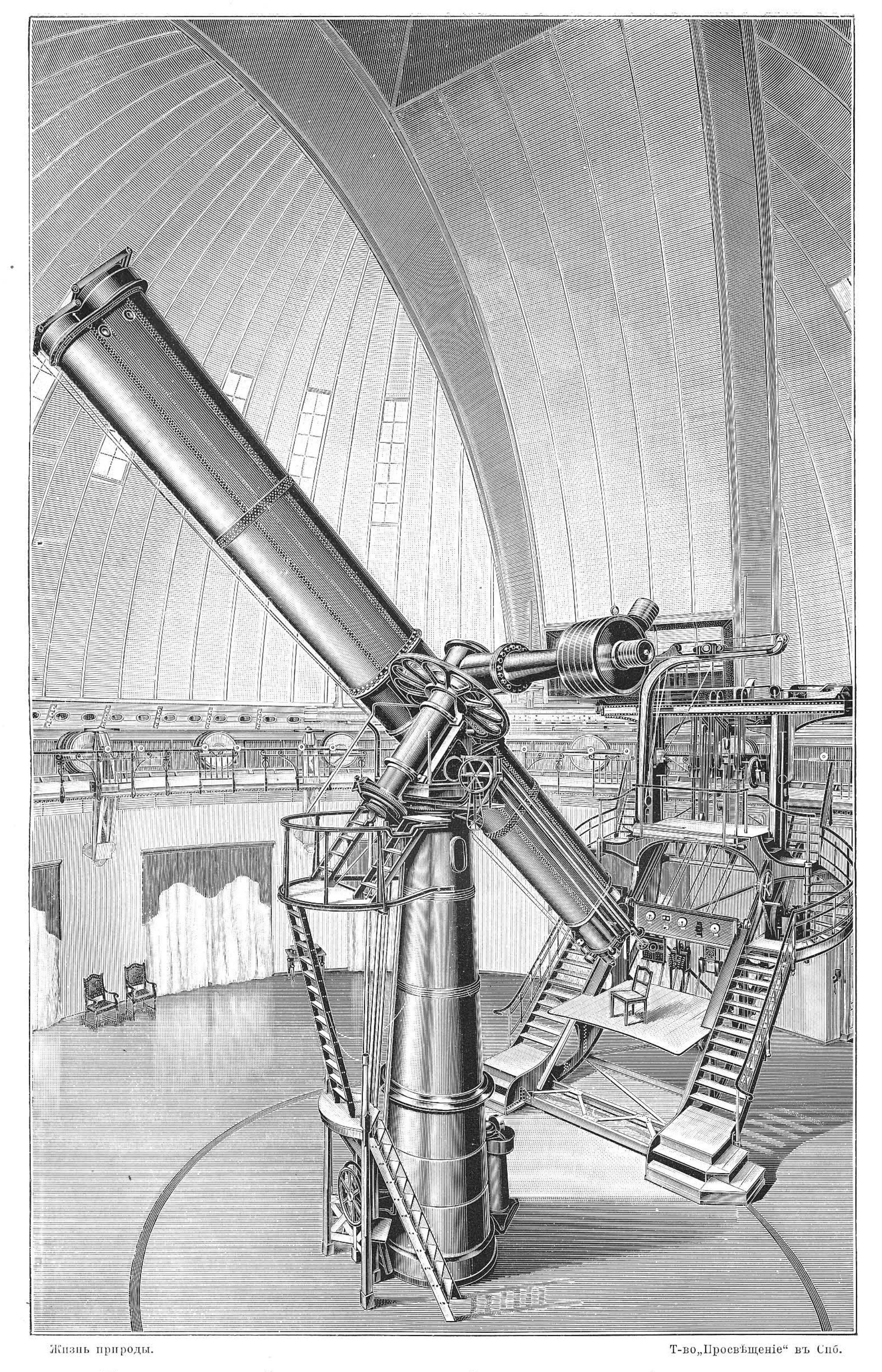
vv — окуляромъ; въ фокусѣ объектива получается дѣйствительное обратное изображеніе ba астрономическаго объекта A B, которое теперь мы и разсматриваемъ въ окуляръ какъ въ лупу, причемъ у насъ получится увеличенное изображеніе ba. Итакъ, формы обоихъ стеколъ сведены тутъ въ одну точку. Въ такой астрономической трубѣ мы видимъ правую сторону наблюдаемыхъ предметовъ слѣва, а верхнюю часть внизу, но при наблюденіяхъ на небѣ это намъ не мѣшаетъ. Такую зрительную трубу можно превратить въ подзорную земную трубу, въ которой будутъ получаться уже прямыя изображенія; для этого добавляютъ сюда еще систему собирательныхъ стеколъ C и D, которая, дѣйствуя какъ второй объективъ, еще разъ оборачиваетъ изображеніе. Ходъ лучей въ такой трубѣ изображенъ у насъ на чертежѣ, помѣщенномъ на страницѣ 214.

Вскорѣ послѣ изобрѣтенія телескопа, что было приблизительно около 1610 года, стали строить такія простыя астрономическія трубы въ очень большомъ видѣ, потому что тотчасъ же замѣтили преимущества, предоставляемыя большими фокусными разстояніями. Членъ данцигскаго городского совѣта Гевеліусъ построилъ такъ называемую воздушную зрительную трубу, гдѣ, по причинѣ большого разстоянія между объективомъ и окуляромъ собственно трубы, оправы не было. На стр. 215 помѣщено изображеніе его трубы, при помощи которой онъ сдѣлалъ для своего времени много цѣнныхъ наблюденій.

Въ настоящее время нашли возможность при помощи остроумнаго сочетанія оптическихъ стеколъ, о которомъ мы говорить будемъ потомъ, уменьшать оптическія погрѣшности, связанныя съ сколько нибудь короткими фокусными разстояніями, такъ что теперь при помощи весьма небольшого телескопа можно сдѣлать гораздо больше, чѣмъ раньше, въ 17-томъ столѣтіи, съ телескопомъ гигантскихъ размѣровъ. Но, тѣмъ не менѣе, и теперь большія фокусныя разстоянія и большія отверстія представляютъ свои большія преимущества; поэтому стараются и теперь строить телескопы возможно большихъ размѣровъ, стоимость которыхъ доходитъ до суммъ невѣроятныхъ. Самый большой изъ существующихъ нынѣ рефракторовъ воздвигнутъ вмѣстѣ съ обсерваторіей возлѣ Чикаго однимъ изъ американскихъ крезовъ Іерксомъ (Yerkes). Его фокусное разстояніе равно приблизительно 18 м., а отверстіе объектива больше 1 м. (40 англ. дюймовъ). Рисунокъ, помѣщенный у насъ (см. прил.) представляетъ собой инструментъ, почти равный ему по величинѣ,—большой рефракторъ астрофизической обсерваторіи въ Потсдамѣ.

Существенныя отличія отъ до сихъ поръ разсмотрѣнныхъ комбинацій представляетъ въ оптическомъ отношеніи труба Галилея, которой мы пользуемся и теперь въ формѣ бинокля (см. чертежъ на стр. 217). Ходъ лучей показанъ на другомъ чертежѣ, (стр. 214). Галилеева труба состоитъ изъ двухъ стеколъ: собирательнаго и разсѣевательнаго. Первое oo служитъ здѣсь, какъ и во всѣхъ остальныхъ зрительныхъ трубахъ, объективомъ; но прежде чѣмъ лучи его сойдутся въ фокусѣ, возлѣ ba, ихъ принимаетъ разсѣевательное стекло vv, служащее окуляромъ, и лучи, которые должны были соединиться въ фокусѣ, выходя изъ окуляра, расходятся, разсѣеваются во всѣ стороны. Такъ какъ это преобразованіе пучка лучей происходитъ до перекрещенія ихъ въ фокусѣ, то у насъ получается прямое изображеніе a^1 b^1, увеличенное разсѣевательнымъ стекломъ. Эта комбинація стеколъ имѣетъ то преимущество, что при ней труба можетъ быть значительно короче, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда лучи падаютъ на окуляръ уже послѣ выхода изъ фокуса; но зато окуляръ долженъ имѣть соотвѣтственно большіе размѣры, если хотятъ, чтобы на него попали всѣ выходящіе изъ объектива лучи. Въ виду этого и по другимъ соображеніямъ при астрономическихъ наблюденіяхъ галилеевой трубой теперь вовсе не пользуются.

Во многихъ случаяхъ желательно имѣть возможность смотрѣть по направленію горизонтальному, въ то время, какъ въ поле зрѣнія трубы будутъ входить послѣдовательно всѣ части неба. Съ этой цѣлью между объективомъ и окуляромъ, на пути распространенія лучей, ставятъ призму полнаго внутренняго отраженія. Если вращать горизонтальную часть такой ломаной трубы вокругъ ея



Жизнь природы.

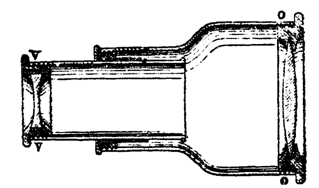
Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Большой рефракторъ астрофизической обсерваторіи
въ Потсдамѣ.

оптической оси, то объективъ описываетъ по небу полукругъ. Если сообщить этой трубѣ вращеніе еще въ горизонтальной плоскости, то можно привести объективъ по отношенію къ горизонту въ любое положеніе. Такого рода инструментъ носитъ названіе альтазимута (см. рисунокъ на стр. 218).

Примѣненіе стеколъ съ призмами полнаго отраженія практикуется въ широкихъ размѣрахъ въ такъ называемомъ Equatorial coudé (колѣнчатомъ экваторіалѣ). Наибольшій изъ инструментовъ этого рода находится на парижской обсерваторіи (см. рисунокъ на стр. 219). При пользованіи рефракторомъ различныя положенія, занимаемыя свѣтилами въ дѣйствительности и при кажущемся вращеніи небеснаго свода вокругъ оси міра, заставляютъ наблюдателя принимать въ свою очередь самыя разнообразныя положенія, что при возрастаніи размѣровъ астрономическихъ инструментовъ должно сопровождаться большими расходами на устройство соотвѣтственныхъ приспособленій.

Не то въ трубѣ новаго устройства: установкой трубы и находящихся въ ней призмъ можно направить лучи, исходящіе изъ произвольной точки неба, всегда однимъ и тѣмъ же путемъ къ окуляру, и такимъ образомъ наблюдатель, сидя въ своей рабочей комнатѣ, какъ за письменнымъ столомъ, можетъ обозрѣвать все небо.

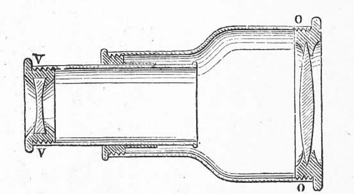


Бинокль. См. текстъ, стр. 216.

Чрезвычайно остроумное примѣненіе призмъ полнаго отраженія мы имѣемъ въ новыхъ двойныхъ трубахъ Цейсса; одна изъ нихъ и ходъ лучей въ ней изображены у насъ на стр. 221. Благодаря тому, что въ ней лучи проходятъ тройной путь (впередъ и назадъ), въ этомъ приборѣ съ портативностью сочетаются преимущества сравнительно очень большихъ фокусныхъ разстояній. Такъ какъ изображеніе, отбрасываемое объективомъ телескопа, будетъ тѣмъ дальше отъ этого оптическаго стекла, чѣмъ ближе къ нему наблюдаемый предметъ, и такъ какъ затѣмъ изображеніе должно получиться въ фокусѣ окуляра, то дѣлаютъ подвижной окуляръ, предназначенный для наводки. Само собой разумѣется, что эта установка указываетъ намъ въ то же время и разстояніе, отдѣляющее насъ отъ предмета; вотъ почему мы можемъ воспользоваться этимъ приборомъ для измѣренія разстояній. На этомъ принципѣ дѣйствительно строятся инструменты, предназначенные для этой цѣли. Наша формула, опредѣляющая соотношеніе между фокуснымъ разстояніемъ и разстояніями сопряженныхъ точекъ ($\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p_1}$) показываетъ, что въ переносныхъ подзорныхъ трубахъ, съ фокуснымъ разстояніемъ въ 1 метръ, установка на предметъ, находящійся на разстояніи 100 метровъ, по сравненію съ установкой на предметъ безконечно удаленный, разнится на 1 cm. Для разстоянія въ 200 м. мы получимъ смѣщеніе фокуса на 5 мм., при новомъ увеличеніи разстоянія вдвое получится вновь смѣщеніе на половину 5 мм. и т. д. Мы заключаемъ отсюда, что вскорѣ эти смѣщенія должны стать очень ничтожными; измѣренія на большихъ разстояніяхъ становятся весьма ненадежными; позже мы опишемъ устройство другого дальномѣра, основанное на стереоскопическомъ зрѣніи обоими глазами.

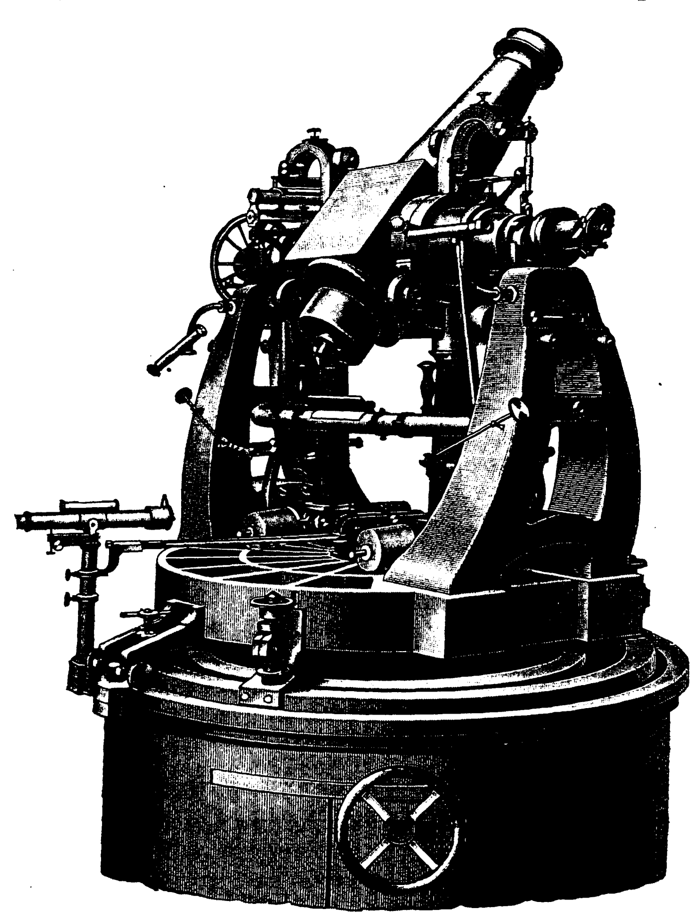
Съ оптической стороны, устройство микроскопа ничѣмъ не отличается отъ устройства телескопа. Ходъ лучей намъ станетъ совершенно яснымъ послѣ всего, что было сказано раньше, изъ чертежа на стр. 221. Мы уже видѣли, что, если предметъ находится между оптическимъ центромъ и фокусомъ собирательнаго стекла, то оно даетъ увеличенное изображеніе его. Увеличеніе будетъ тѣмъ больше, чѣмъ предметъ къ фокусу ближе и чѣмъ само фокусное разстояніе меньше: изображеніе увеличивается при возрастаніи отношенія разстоянія изображенія отъ стекла къ разстоянію предмета отъ того же стекла.

Такимъ образомъ въ микроскопѣ по сравненію съ телескопомъ условія образованія изображеній совершенно обратныя: въ самомъ дѣлѣ, въ микроскопѣ мы можемъ придвигать разсматриваемые нами предметы какъ угодно близко къ



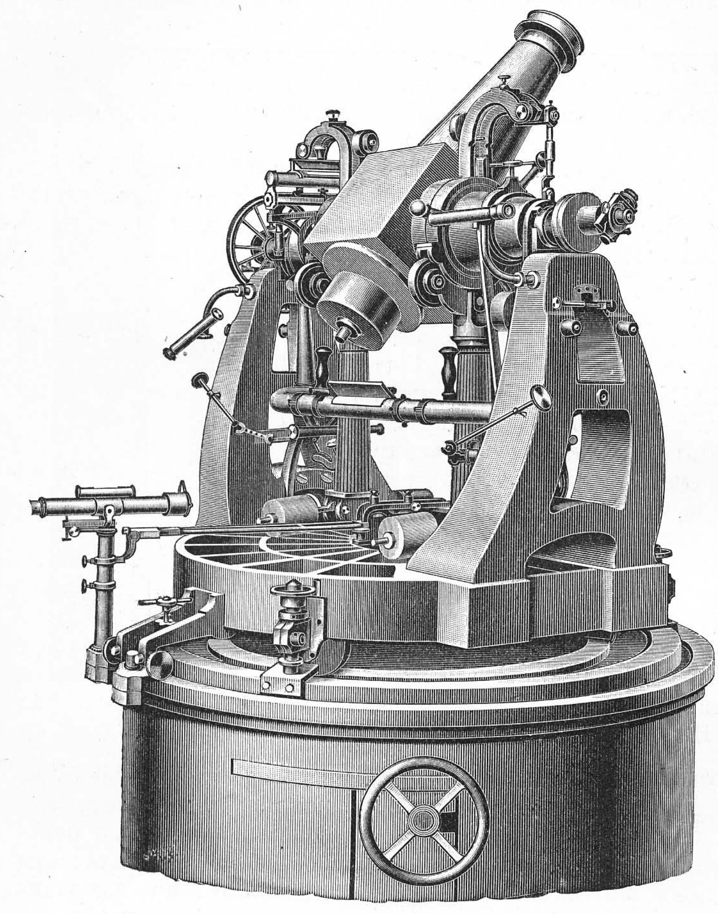
Биноклъ. См. текстъ, стр. 216.

объективу. Надо только смотрѣть, чтобъ предметъ находился за фокуснымъ разстояніемъ, потому что въ противномъ случаѣ чечевица будетъ дѣйствовать, какъ обыкновенная лупа, и дѣйствительнаго изображенія уже не получится. Чѣмъ короче фокусное разстояніе, тѣмъ выпуклѣе поверхности собирательныхъ стеколъ, пока наконецъ мы не дойдемъ до того предѣла, когда фокусъ очутится въ толщѣ самой линзы. Такими линзами уже пользоваться нельзя; тѣмъ не менѣе для того, чтобы имѣть возможность итти въ этомъ направленіи еще дальше, прибѣгаютъ къ такъ называемой масляной иммерсіи; такая иммерсія (погруженіе) совершенно устраняетъ воздушный слой между предметомъ и объективомъ, благодаря чему при оцѣнкѣ вліянія кривизны приходится принимать въ разсчетъ уже не показатель преломленія стекла по отношенію въ воздуху, а показатель преломленія его по отношенію къ маслу; вслѣдствіе этого, какъ сказано выше, мы много выигрываемъ въ оптическомъ отношеніи. Увеличеніе окуляра можно довести (если оставить въ сторонѣ вопросъ о вредномъ вліяніи дифракціи, которой мы будемъ заниматься позже) до предѣловъ, допускаемыхъ современной техникой, такъ какъ въ микроскопѣ яркость свѣта совсѣмъ не имѣетъ того значенія, какъ въ телескопахъ. При помощи вогнутаго зеркала можно свѣтъ направить на предметъ и придать ему ту степень яркости, какая необходима для примѣняемаго нами въ данную минуту увеличенія. На стр. 223 и стр. 224 помѣщены рисунокъ микроскопа и разрѣзы микроскопическаго объектива и окуляра.



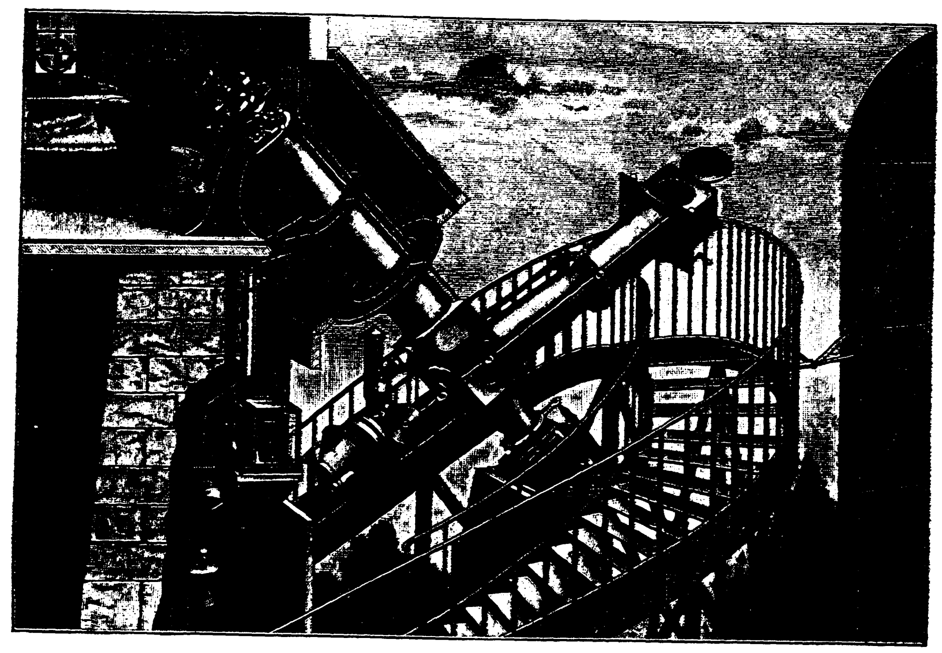
Ломаная труба (альтазимутъ). См. текстъ, стр. 217.

Къ оптическимъ свойствамъ фотографическаго объектива (если оставить въ сторонѣ вопросъ о свѣторазсѣяніи), предъявляются совершенно иныя требованія, чѣмъ къ объективамъ оптическихъ инструментовъ, разсмотрѣнныхъ нами до сихъ поръ. Мы видѣли уже раньше, что наиболѣе совершеннымъ фотографическимъ объективомъ въ томъ случаѣ, когда рѣчь идетъ лишь о полученіи правильнаго изображенія, является простое отверстіе. Но для полученія такого снимка въ камерѣ съ однимъ отверстіемъ требуется пять минутъ, тогда какъ въ фотографическомъ аппаратѣ то же изображеніе получается въ $^1/_{50}$ секунды. Свѣтосила (яркость изображеній) фотографическихъ объективовъ, для полученія моментальныхъ снимковъ, должна быть доведена до возможно высокой степени; такимъ образомъ требованія, предъявляемыя нами къ этому прибору, одного порядка съ



Ломаная труба (альтазимутъ). См. текстъ, стр. 217.

тѣми, какія предъявляются къ хорошему телескопу. Въ телескопѣ же плоскостные размѣры изображеній, получающихся въ его фокусѣ, вовсе не должны быть велики: мы можемъ приводить послѣдовательно въ середину трубы тѣ детали цѣльной картины, которыя желательно разсмотрѣть, какъ это дѣлается лишь еще въ одномъ случаѣ — при непосредственномъ зрѣніи глазомъ, и такимъ образомъ мы пользуемся преимущественнымъ положеніемъ оптической оси, позволяющимъ получать наиболѣе точныя изображенія. Отъ фотографическаго изображенія требуется, чтобы оно оставалось вѣрнымъ во всѣхъ своихъ частяхъ, занимая даже

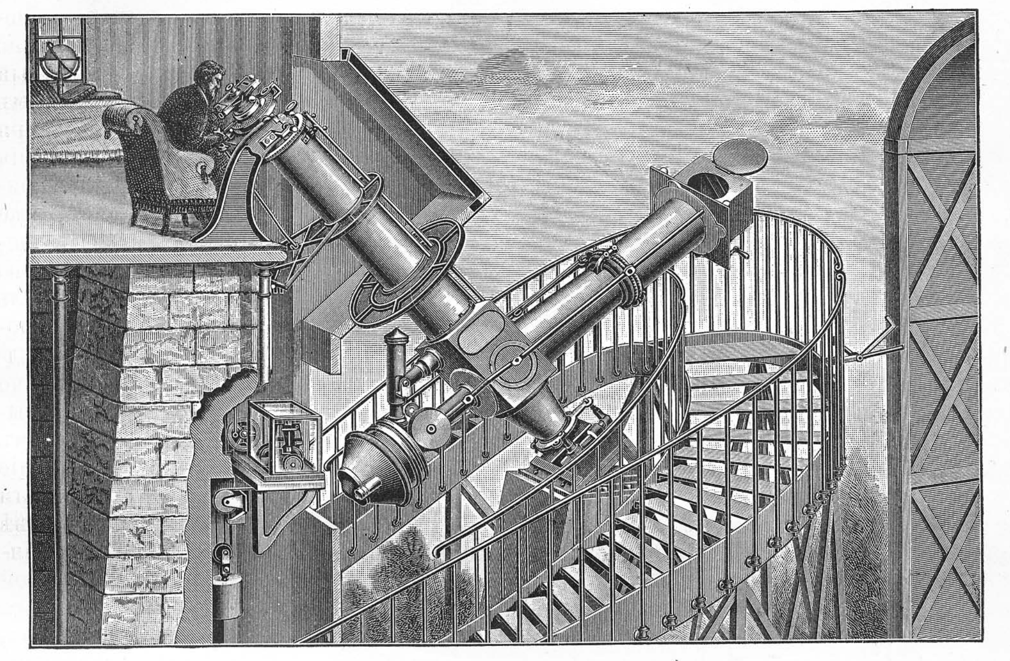


Экваторіалъ Парижской обсерваторіи. См. текстъ, стр. 217.

большую поверхность. Потому сферическая аберрація должна быть доведена до самыхъ ничтожныхъ размѣровъ. Но въ портативныхъ аппаратахъ съ короткофокусными объективами это условіе сталкивается съ требованіемъ возможно большей свѣтосилы: сферическая аберрація возрастаетъ пропорціонально выпуклости стеколъ, а этимъ увеличеніемъ выпуклости и достигается желательное укорачиваніе фокуснаго разстоянія.

Для устраненія хроматической аберраціи объектива устраиваютъ объективы сложные, составляя ихъ изъ нѣсколькихъ различнаго вида чечевицъ; придуманъ цѣлый рядъ такихъ комбинацій преломляющихъ поверхностей, и согласно имъ изготовляются соотвѣтственнаго типа объективы, удовлетворяющіе тѣмъ или другимъ требованіямъ. Таковы такъ называемые ландшафтные объективы, которые при небольшомъ фокусномъ разстояніи обладаютъ сравнительно весьма значительнымъ полемъ зрѣнія (близкіе предметы получаются въ нихъ не такъ ясно), и портретные объективы, съ большими фокусными разстояніями, отъ которыхъ не требуютъ особенной отчетливости на краяхъ изображеній. Затѣмъ мы лишь отмѣтимъ существованіе слѣдующихъ типовъ объективовъ: апланатовъ, анастигматовъ и объективовъ коллинеарныхъ, но оптическими особенностями каждаго въ отдѣльности мы заниматься не будемъ.

Въ большомъ ходу теперь такъ называемые сціоптиконы, или проэкціонные аппараты, позволяющіе показывать увеличенные фотографическіе снимки сразу большому числу зрителей. Прежде всего въ нихъ обращено вни-

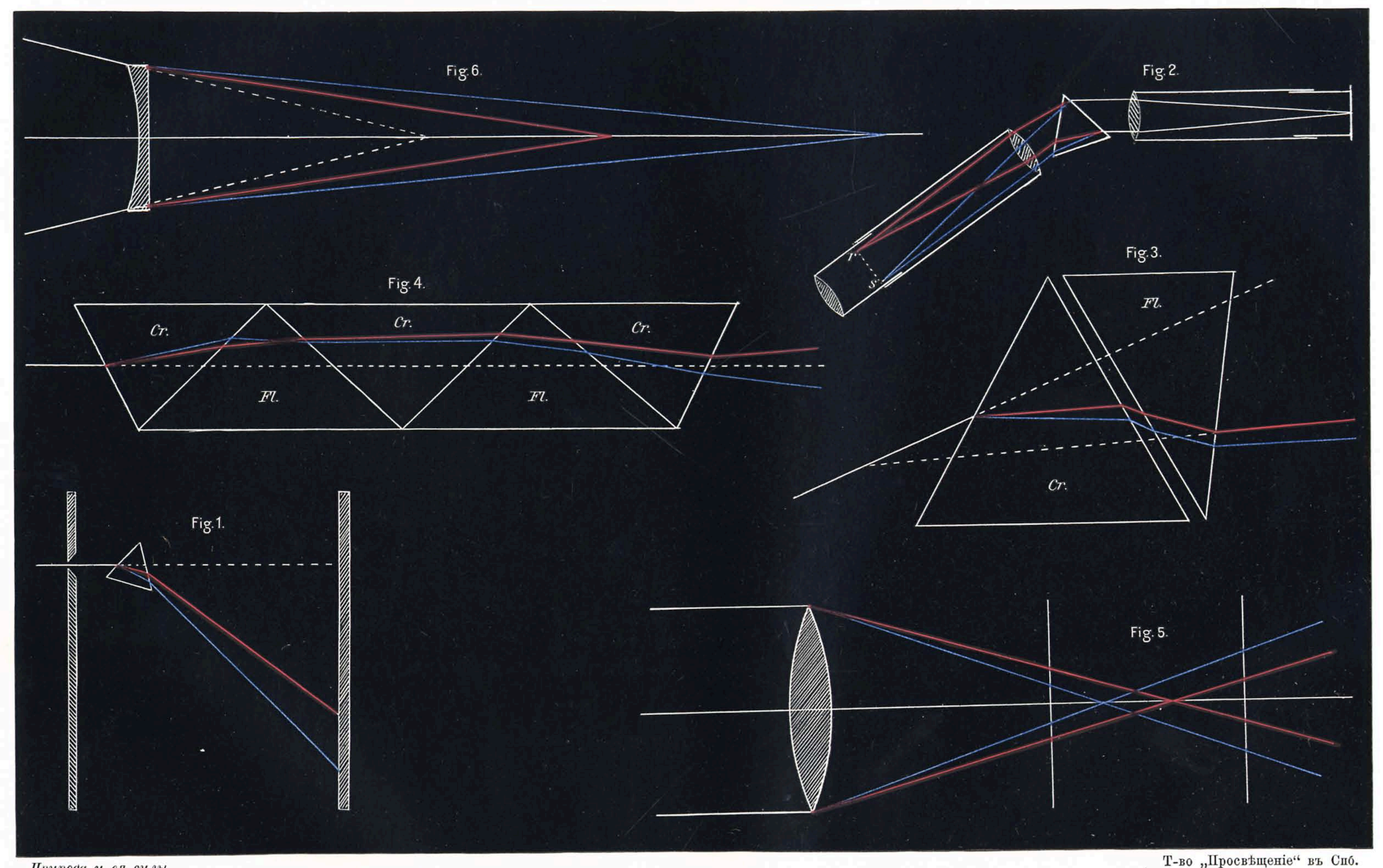


Экваторіалъ Парижской обсерваторіи. См. текстъ, стр. 217.

маніе на то, чтобы освѣтить съ достаточной силой снятое на стеклѣ прозрачное фотографическое изображеніе, которое должно быть отброшено потомъ на экранъ въ увеличенномъ видѣ; отъ яркости освѣщенія зависитъ возможность того или другого увеличенія, такъ какъ увеличеніе не должно происходить за счетъ ясности изображенія. Съ этой цѣлью пользуются комбинаціей стеколъ, носящихъ названіе конденсаторовъ pq, въ фокусѣ которыхъ и помѣщаютъ источникъ свѣта V (чертежъ на стр. 225). Мы знаемъ, что при такомъ расположеніи оптическихъ стеколъ лучи выходятъ по другую сторону параллельнымъ пучкомъ, а, стало быть, вблизи отъ мѣста выхода въ r равномѣрно освѣщаютъ вдвинутое сюда стекло, проходя насквозь его. Примѣненіе въ такихъ конденсаторахъ вмѣсто двояковыпуклыхъ чечевицъ чечевицъ плосковыпуклыхъ, обращенныхъ своими плоскостями наружу, не измѣняетъ величины фокуснаго разстоянія этой комбинаціи; благодаря такой замѣнѣ только хуже будутъ сведены въ одну точку крайніе лучи, нѣсколько неопредѣленнѣе станетъ положеніе фокуса. Но, если ставятъ цѣлью лишь освѣщеніе предмета, такая комбинація стеколъ представляетъ то преимущество, что благодаря ей перестаетъ имѣть рѣшающее значеніе точность разстоянія лампы отъ чечевицы, такъ какъ параллельность выходящихъ лучей измѣняется въ зависимости отъ него незначительно. Кромѣ этого, плоской поверхности на одной сторонѣ слѣдуетъ отдать предпочтеніе еще по слѣдующему соображенію: плоское стекло съ изображеніемъ можетъ быть придвинуто къ такой линзѣ вплотную. Если на произвольномъ разстояніи отъ изображенія, но все-таки за фокусомъ, помѣстить чечевицу обычной формы, то есть двояковыпуклое стекло (у насъ на рисункѣ ахроматическая чечевица ab, cd), то оно дастъ обратное изображеніе освѣщенной картины на находящейся напротивъ, параллельной картинѣ, стѣнѣ; величина этого изображенія зависитъ отъ отношенія разстояній картины и стѣны отъ проектирующей чечевицы. Такимъ образомъ съ помощью одной и той же чечевицы можно достигнуть произвольныхъ увеличеній, и проэкціонный аппаратъ будетъ представлять изъ себя гигантскій микроскопъ, при посредствѣ котораго можно показывать на экранѣ міръ мельчайшихъ организмовъ заразъ большому числу зрителей. Единственную трудность представляетъ полученіе въ приборѣ необходимой силы освѣщенія. Но этотъ вопросъ тотчасъ же разрѣшается, если воспользоваться наиболѣе могучимъ изъ всѣхъ источниковъ свѣта, солнцемъ; въ этомъ случаѣ нашъ приборъ получаетъ названіе солнечнаго микроскопа. Предметъ освѣщенъ непосредственно пучкомъ солнечныхъ лучей, и выходящіе изъ проэктирующей чечевицы лучи мы направляемъ въ достаточно темную комнату. При помощи двухъ обыкновенныхъ собирательныхъ стеколъ въ такомъ приборѣ можно получать черезвычайно сильныя увеличенія. Нагрѣваніе, получающееся въ фокусѣ стекла, собирающаго солнечные лучи, очень велико и, конечно, отзывается весьма вредно на разсматриваемыхъ предметахъ, но отъ этого недостатка несвободны въ той или другой мѣрѣ и всѣ остальныя системы освѣщенія. Вотъ почему между источникомъ свѣта и проектируемымъ предметомъ часто ставятъ сосудъ съ жидкостью, поглощающей тепло, но прозрачной для свѣта, каковъ, напримѣръ, растворъ квасцовъ.

e) Свѣторазсѣяніе.

Всѣ разсмотрѣнныя нами дѣйствія преломленныхъ лучей были разобраны лишь въ примѣненіи къ свѣту однородному, монохроматическому. Но бѣлый цвѣтъ неоднороденъ: въ этомъ убѣждаетъ насъ любой изъ описанныхъ далѣе опытовъ надъ преломленіемъ лучей. Если свѣтъ отъ бѣлаго предмета проходитъ сквозь призму, края предмета представляются окрашенными, причемъ цвѣта идутъ въ порядкѣ цвѣтовъ радуги. Этотъ случай представленъ на отдѣльномъ приложеніи „Свѣторазсѣяніе въ призмахъ и оптическихъ стеклахъ", на фигурѣ 1 съ двумя крайними лучами, краснымъ и голубымъ. Эти цвѣтные лучи могли получиться изъ бѣлаго свѣта только при его разложеніи, а потому они представляютъ изъ себя части бѣлаго свѣта. Точно такую же цвѣтную окраску краевъ мы наблюдаемъ у всѣхъ предметовъ, разсматриваемыхъ въ



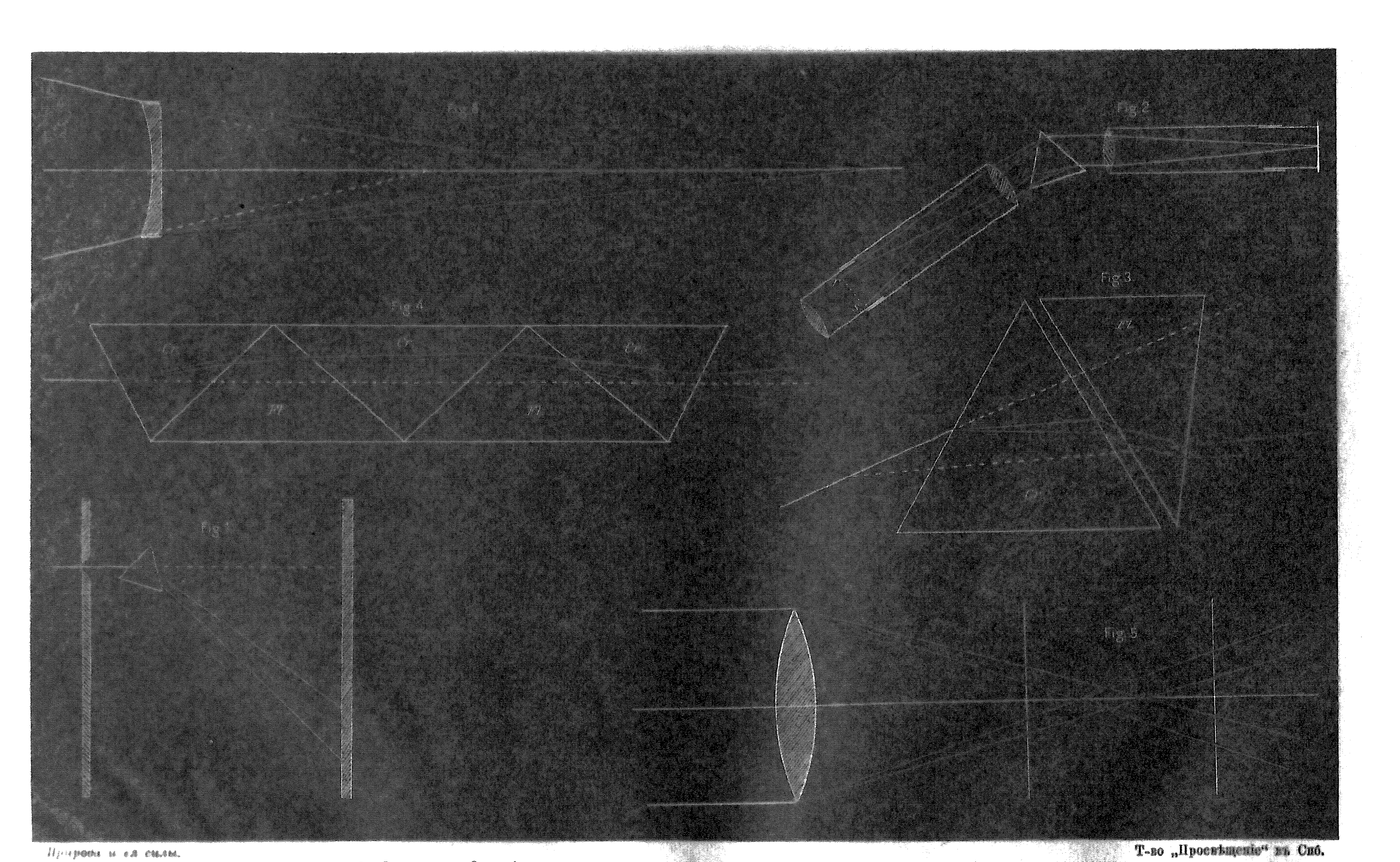
Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Свѣторазсѣяніе въ призмахъ и оптическихъ стеклахъ.

По *Р. Блохману.*

1. Образованіе спектра. — 2. Спектроскопъ Бунзена. — 3. Комбинація призмъ изъ кронгласа и флинтгласа. — 4. Карманный спектроскопъ Броунинга. — 5. Свѣторазсѣяніе въ двояковыпукломъ стеклѣ. — 6. Свѣторазсѣяніе въ плосковогнутомъ стеклѣ.

Cr. = кронгласъ, Fl. = флинтгласъ.



Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Свѣторазсѣяніе въ призмахъ и оптическихъ стеклахъ.

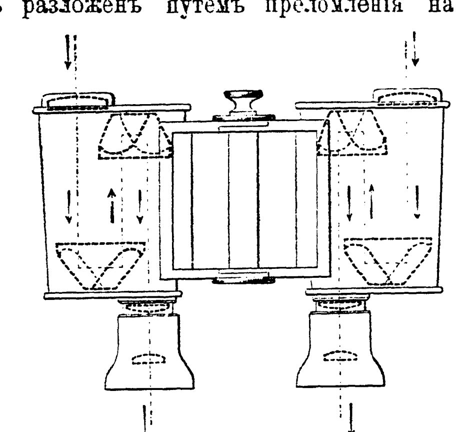
По *Р. Блохману*.

1. Образованіе спектра. — 2. Спектроскопъ Бунзена. — 3. Комбинація призмъ изъ кронгласа и флинтгласа. — 4. Карманный спектроскопъ Броунинга. — 5. Свѣторазсѣяніе въ двояковыпукломъ стеклѣ. — 6. Свѣторазсѣяніе въ плосковогнутомъ стеклѣ.

Cr. = *кронгласъ*, *Fl.* = *флинтгласъ*.

подзорныя трубы, которыя составлены описаннымъ выше образомъ изъ простыхъ оптическихъ стеколъ или даже изъ комбинацій чечевицъ, но комбинацій такого рода, что всѣ сорта оптическихъ стеколъ имѣютъ въ этомъ случаѣ одинъ и тотъ же показатель преломленія.

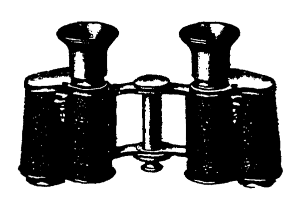
Подобно тому, какъ бѣлый свѣтъ былъ разложенъ путемъ преломленія на радужные цвѣта, такъ, наоборотъ, можно изъ цвѣтовъ радуги снова составить бѣлый свѣтъ. Этотъ простой опытъ производится при помощи кружка, изображеннаго на фигурѣ 1 приложенія „Цвѣтовыя явленія", стр. 259. Этотъ кружокъ раздѣленъ на секторы, окрашенные во всѣ цвѣта радуги; если привести его въ быстрое вращеніе, то быстро смѣняющія другъ друга впечатлѣнія отдѣльныхъ цвѣтовъ сольются у насъ въ глазу снова во впечатлѣніе бѣлаго цвѣта. Въ физіологической части нашего введенія, мы уже указали, что мы перестаемъ замѣчать раздѣльность чувственныхъ впечатлѣній, какъ только быстрота ихъ смѣны достигнетъ размѣровъ бо̀льшихъ двѣнадцати впечатлѣній въ секунду. По этой то причинѣ воздушные толчки, смѣнявшіе другъ друга съ бо̀льшей нежели эта быстротой, воспринимались нами лишь, какъ цѣльное звуковое впечатлѣніе. Въ нашемъ же случаѣ дѣйствіе различныхъ цвѣтовъ соединяется въ опытѣ съ кружкомъ въ тотъ свѣтовой аккордъ, который мы называемъ бѣлымъ цвѣтомъ.



Разрѣзъ двойной трубы Цейсса. См. текстъ. стр. 217.

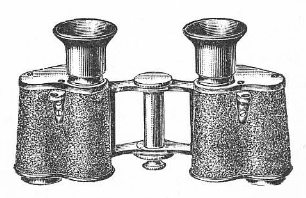
Явленіе цвѣтной окраски краевъ изображеній, получающихся при посредствѣ призмы, совершенно ясно показываетъ, что разнаго рода цвѣтные лучи, изъ которыхъ составляется бѣлый свѣтъ, испытываютъ преломленіе отъ одной и той же поверхности не въ одинаковой мѣрѣ. Этотъ фактъ мы можемъ подвергнуть болѣе точному изслѣдованію, отбрасывая поочередно подъ однимъ и тѣмъ же угломъ паденія разноцвѣтные лучи и измѣряя уголъ ихъ преломленія на измѣрительномъ столикѣ, которымъ мы уже не разъ пользовались. Для такого рода измѣреній былъ придуманъ особый приборъ, спектроскопъ, и добытые при помощи его результаты представляютъ собой одно изъ наиболѣе изумительныхъ пріобрѣтеній современной науки. Изобрѣли спектральный анализъ гейдельбергскіе ученые Кирхгофъ и Бунзенъ.

Существенной частью спектроскопа является стеклянная призма P, вмѣсто которой, для увеличенія свѣторазсѣянія прибора, для увеличенія его дисперсіи, употребляютъ комбинацію призмъ (см. рисунокъ на стр. 226). Для того, чтобы при помощи такой призмы произвести измѣреніе показателей преломленія разнаго сорта лучей свѣта возможно точнѣе, необходимо обратить вниманіе на то, чтобы изъ изслѣдуемаго источника свѣта падалъ на призму по извѣстному направленію совершенно рѣзко опредѣленный лучъ. Но если сѣченіе луча взять слишкомъ ничтожнымъ, если оно будетъ приближаться къ точкѣ, то во многихъ случаяхъ впечатлѣніе, производимое имъ на нашъ глазъ, можетъ оказаться слишкомъ слабымъ; поэтому остановились на другой формѣ сѣченія: оно должно состоять изъ совокупности, изъ ряда точекъ, должно представлять изъ себя прямую. Передъ источникомъ свѣта устанавливаютъ пластинку съ узкой щелью F такъ, чтобы она находилась въ фокусѣ собирательнаго стекла, помѣщающагося насупротивъ первой преломляющей поверхности призмы. При посредствѣ этого собирательнаго стекла лучи, вышедшіе изъ щели, направляются параллельнымъ пучкомъ по трубѣ A къ



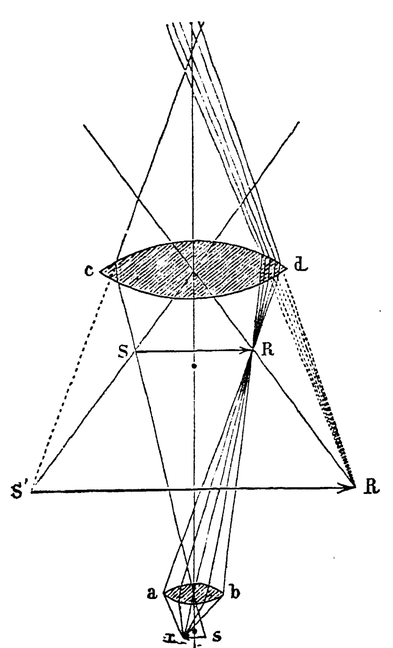
Двойная труба Цейсса. См. текстъ, стр. 217

Разрѣзъ двойной трубы Цейсса.
См. текстъ, стр. 217.



Двойная труба Цейсса.
См. текстъ, стр. 217

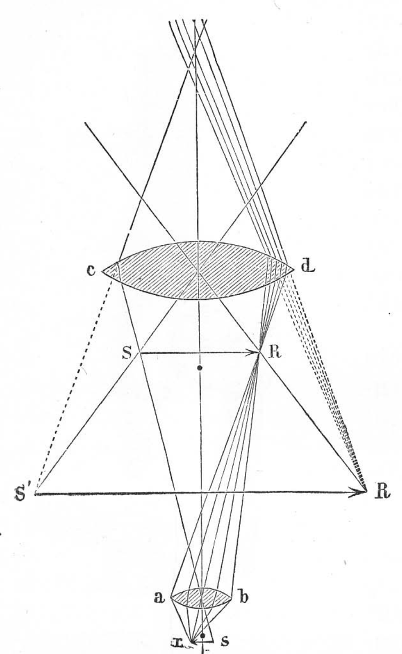
призмѣ, и такимъ образомъ исходятъ какъ бы изъ источника безконечно удаленнаго. Пройдя сквозь призму и преломившись въ ней, эти, вышедшіе изъ щели лучи (см. приложеніе, стр. 220 фигура 2) попадаютъ въ зрительную трубу В, которая обращена своимъ объективомъ къ призмѣ. Въ трубѣ параллельные лучи сводятся снова въ ея фокусъ, и такимъ образомъ черезъ окуляръ мы разсматриваемъ уже преломленное изображеніе щели. Для того, чтобы при помощи этого прибора можно было производить измѣренія, на измѣрительномъ столикѣ, кромѣ призмы, трубы со щелью, или коллиматора, и зрительной трубы для наблюденій, помѣщаютъ еще третью трубу С; объективъ этой зрительной трубы установленъ относительно второй преломляющей поверхности призмы такъ, что пучекъ параллельныхъ лучей, выйдя изъ него, отразится отъ этой поверхности, соединится съ пучкомъ лучей преломленныхъ, вышедшихъ изъ той же поверхности и направится въ трубу, у которой стоитъ наблюдатель, а отсюда попадаетъ въ его глазъ. Въ S, въ фокусѣ этой третьей трубы, устанавливается на свѣту стеклянная пластинка съ выгравированной на ней шкалой, и такимъ образомъ въ одно время съ изображеніемъ щели въ глазу является и изображеніе шкалы, при помощи которой можно опредѣлить взаимное положеніе различныхъ лучей, то-есть опредѣлить соотвѣтствующій каждому уголъ преломленія.



Ходъ лучей въ сложномъ микроскопѣ: rs предметъ; ab объективъ; cd окуляръ; SR дѣйствительное изображеніе; S_1R_1 увеличенное изображеніе. См. текстъ, стр. 217.

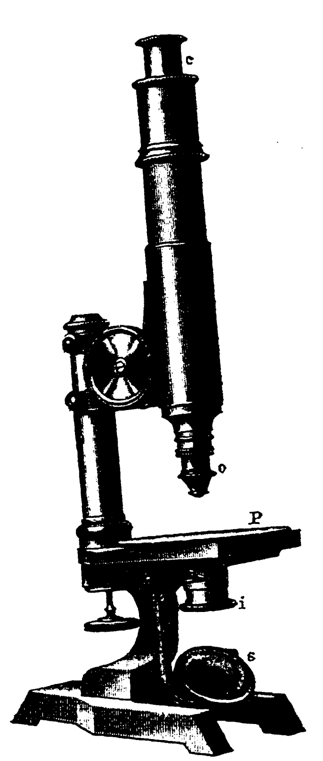
Если поставить передъ щелью такого спектроскопа твердое или жидкое тѣло любого химическаго строенія и нагрѣвать это тѣло все больше и больше, то, какъ мы знаемъ, при температурѣ 525° оно начнетъ испускать изъ себя свѣтъ. При этой температурѣ оно достигаетъ краснаго каленія и съ повышеніемъ температуры степень накаливанія все возрастаетъ. Въ началѣ мы видимъ въ спектроскопъ узкое красное изображеніе щели, которое постепенно все больше и больше раздается въ сторону отъ луча непреломленнаго. Вмѣсто изображенія узкой щели получается окрашенная въ разные цвѣта полоса; это показываетъ намъ, что лучи, испускаемые накаляющимся тѣломъ по мѣрѣ возвышенія его температуры, преломляются все сильнѣе и сильнѣе, и что вмѣстѣ съ тѣмъ остаются и тѣ лучи, которые исходили изъ тѣла въ началѣ этого процесса накаливанія. Итакъ, чѣмъ выше температура, тѣмъ разнообразнѣе по характеру составъ лучей, искускаемыхъ тѣломъ въ одно и то же время. Но окраска лучей, присоединяющихся къ первоначальнымъ сортамъ свѣта, постепенно измѣняется: по мѣрѣ того, какъ температура приближается къ 1000° эта окраска становится все желтѣе и желтѣе; затѣмъ появляются, одинъ за другимъ, цвѣта: зеленый, синій и фіолетовый; наконецъ, приблизительно около 1500° наступаетъ состояніе наиболѣе яркаго, бѣлаго каленія. Въ спектрѣ лучеиспускающаго тѣла, въ цвѣтной полосѣ, въ которую превратилось расширенное изображеніе щели, мы видимъ послѣдовательность всѣхъ цвѣтовъ радуги: на нихъ распался проникшій въ призму и преломившійся въ ней бѣлый лучъ. При дальнѣйшемъ повышеніи температуры новыхъ цвѣтовъ въ спектрѣ не появляется; всѣ измѣненія, наблюдаемыя нами, сводятся къ тому, что цвѣта спектра становятся все напряженнѣе. На таблицѣ спектровъ (стр. 230) подъ № 1 изображенъ солнечный спектръ; еслибъ на немъ не было черныхъ линій, онъ представлялъ бы собой нашъ простой непрерывный спектръ.

Эти наблюденія въ связи съ тѣмъ, что намъ было извѣстно уже раньше,



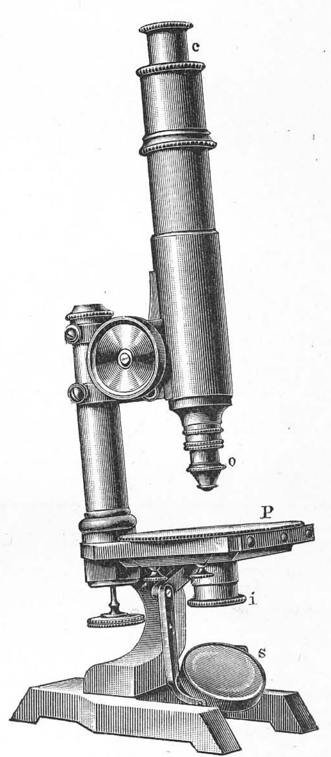
Ходъ лучей въ сложномъ микроскопѣ: rs предметъ; ab объективъ; cd окуляръ; SR дѣйствительное изображеніе; S_1R_1 увеличенное изображеніе. См. текстъ, стр. 217.

позволяютъ намъ заключить, что молекулы каждаго твердаго или жидкаго тѣла, независимо отъ другихъ его свойствъ, при извѣстной данной температурѣ, колеблются или совершаютъ обращенія по орбитамъ не только съ одной какой-либо опредѣленной скоростью, но что онѣ обладаютъ всѣми скоростями вплоть до нѣкоторой наивысшей, опредѣляемой температурой тѣла. Колебанія эти распространяются при посредствѣ эѳира, первичныхъ атомовъ, и производятъ въ извѣстныхъ предѣлахъ на нашъ глазъ впечатлѣніе свѣта съ его различной цвѣтовой окраской. Красный свѣтъ встрѣчаетъ въ преломляющихъ веществахъ наименьшее сопротивленіе, фіолетовый — наибольшее: фіолетовые лучи преломляются сильнѣе красныхъ. Наше изслѣдованіе явленій теплоты не оставляетъ никакихъ сомнѣній относительно того, что повышеніе температуры однозначуще съ увеличеніемъ скорости колебаній молекулъ. Такимъ образомъ, если предполагаемая связь между лучистой и внутренней теплотой дѣйствительно существуетъ, то въ фіолетовыхъ лучахъ колебанія эѳира должны происходить соотвѣтственно скорѣе, чѣмъ въ лучахъ красныхъ. Въ чемъ же состоитъ механическая подкладка этого факта; почему собственно фіолетовые лучи встрѣчаютъ въ преломляющихъ серединахъ гораздо большее сопротивленіе, чѣмъ лучи красные?



Сложный микроскопъ. c окуляръ; o объективъ; P столикъ съ отверстіемъ для діафрагмы; s зеркало; i цилиндръ съ діафрагмой, регулирующей освѣщеніе объектива. См. текстъ, стр. 218.

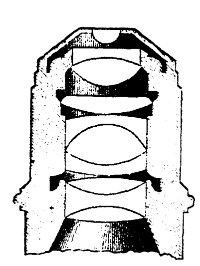
Нашъ примѣръ съ колесиками на осяхъ кое-что въ этомъ направленіи уже намъ разъяснилъ. Мы видѣли, что изъ серіи этихъ колесиковъ, катящихся параллельно другъ другу по направленію къ шероховатой поверхности наибольшія отклоненія отъ первоначальнаго направленія при вступленіи на эту поверхность обнаруживаютъ тѣ, у которыхъ оси длиннѣе. Но на нашъ примѣръ можно смотрѣть лишь какъ на своего рода вѣху, мы же должны искать болѣе глубокаго объясненія природы этихъ движеній. Изъ предыдущаго мы знаемъ, что отъ движущихся по орбитамъ планетъ-молекулъ разлетаются во всѣ стороны отбрасываемые ими атомы эѳира, и что эти атомы своимъ потокомъ пронизываютъ преломляющія вещества. Можно показать, что если соединить эти вылетающіе одинъ за другимъ атомы, то, подъ вліяніемъ кругообразныхъ движеній молекулъ, они должны образовать винтовую линію. Сопротивленіе, встрѣчаемое этимъ движеніемъ по винту, зависитъ очевидно отъ числа „витковъ винта“, проходящихъ за извѣстный промежутокъ времени сквозь какую нибудь точку представляющей сопротивленіе среды. Если движущіяся по винтовой линіи частицы проходятъ всю длину ея всегда въ одно и то же время, другими словами, если въ данной средѣ всѣ сорта свѣта для прохожденія извѣстной толщи затрачиваютъ одно и то же время, то наибольшее сопротивленіе встрѣтитъ тотъ сортъ свѣта, у котораго ширина витка наименьшая. Если перейти для простоты отъ пространственныхъ представленій къ плоскостнымъ, то винтовая линія нашего примѣра замѣнится линіей волнообразной, и мы скажемъ, что изъ всѣхъ сортовъ свѣта сильнѣе всего преломляется тотъ, который обладаетъ самой короткой волной. Но такъ какъ мы постоянно стремимся къ тому, чтобы, на основаніи нашихъ общихъ воззрѣній на природу явленій, дать соотвѣтственное мѣсто и толкованіе подмѣченнымъ нами фактамъ, то мы отложимъ на время дальнѣйшее изученіе свойствъ цвѣтныхъ лучей, и постараемся отыскать доказательства волновой природы свѣтовыхъ движеній.



Сложный микроскопъ. c окуляръ; o объективъ; P столикъ съ отверстіемъ для діафрагмы; s зеркало; i цилиндръ съ діафрагмой, регулирующей освѣщеніе объектива. См. текстъ, стр. 218.

f) Волновая теорія свѣта.

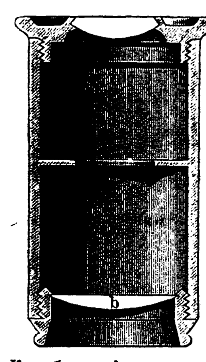
Ньютонъ былъ не только ученымъ, стремившимся къ установленію тѣхъ математическихъ законовъ, въ которыхъ отражается весь строй бытія, онъ былъ въ то же время философомъ, для котораго важно было знать внутреннюю природу явленій, и то неизвѣстное нѣчто, которое производитъ на нашъ глазъ впечатлѣніе свѣта, онъ представлялъ себѣ въ видѣ частицъ, истекавшихъ изъ самого свѣтящагося тѣла; онъ былъ творцомъ такъ называемой эмиссіонной теоріи свѣта. Согласно этой теоріи истеченія тѣ химическіе и физическіе процессы, которыми обусловливается высокая степень накаливанія свѣтящагося тѣла, вызываютъ движеніе цѣлаго потока частицъ, которыя по прямымъ линіямъ направляются въ глазъ. Въ пользу этого возрѣнія говорилъ, казалось, тотъ фактъ, что всѣ горящія тѣла, повидимому, мало-помалу уничтожаются, и что всѣ остальныя до того времени изслѣдованныя свойства свѣта могли быть на основаніи его разъяснены.



Комбинація оптическихъ стеколъ въ объективѣ микроскопа. См. текстъ, стр. 217.

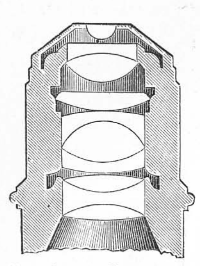
Всѣ наши объясненія до сихъ поръ опирались на такую же теорію истеченія, съ той только разницей, что вмѣсто частицъ, испускаемыхъ самимъ свѣтящимся тѣломъ, мы говоримъ объ атомахъ эѳира, ударяющихся объ молекулы, совершающихъ тепловыя колебанія, и отбрасываемыхъ отъ этихъ молекулъ. Разница и въ томъ, что атомы эѳира надѣлены у насъ свойствами колеблющихся молекулъ, а потому, наряду съ прямолинейностью распространенія, они имѣютъ еще рядъ другихъ свойствъ, природу которыхъ мы и собираемся изслѣдовать. Движеніе, распространяющееся равномѣрно, мы оставляемъ въ сторонѣ: имъ, по нашимъ представленіямъ, обусловливается тяготѣніе. Остается движеніе волнообразное; оно должно обладать тѣми свойствами, какія мы наблюдали, напримѣръ, при изученіи колебаній струнъ. Изслѣдуемъ, правильно ли наше предположеніе.

Рѣшающее значеніе въ этомъ вопросѣ могло бы имѣть выясненіе возможности уничтоженія при нѣкоторыхъ условіяхъ одного волнообразнаго движенія другимъ; вообще говоря, это возможно, какъ мы знаемъ, въ томъ случаѣ, когда разница фазъ двухъ слѣдующихъ одна за другой совершенно одинаковыхъ волнъ равна полуволнѣ. Впадины волны заполняются при этомъ ихъ хребтами. Мы знакомы съ этимъ фактомъ по звуковымъ волнамъ; изслѣдованіе показало намъ, что два одинаковыхъ звука могутъ взаимно уничтожиться и что при этомъ возникаютъ стоячія волны, явленіе интерференціи. Прибавляя свѣтъ къ свѣту (если свѣтъ представляетъ собой дѣйствительно волнообразное движеніе), мы должны получить въ соотвѣтственномъ случаѣ темноту.

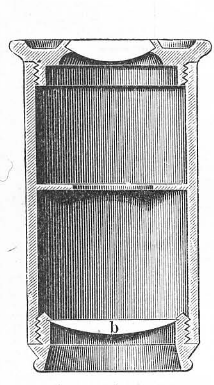


Комбинація оптическихъ стеколъ въ окулярѣ микроскопа. См. текстъ, стр. 217.

Установить этотъ фактъ впервые удалось Френелю (1824). Опытъ, на которомъ основывается его волновая теорія свѣта, былъ поставленъ слѣдующимъ образомъ. Прежде всего необходимо было имѣть въ распоряженіи два источника, испускающихъ волны одинаковой длины. Распространеніе свѣта, прошедшаго черезъ призму, показало намъ, что вполнѣ однородный свѣтъ, повидимому, имѣетъ волну совершенно опредѣленной длины. Этому условію однородности удовлетворяютъ, какъ мы потомъ увидимъ, раскаленные пары нѣкоторыхъ веществъ. Напримѣръ, въ пламени спиртовой горѣлки изъ поваренной соли выдѣляются пары натрія, окрашивая это пламя въ желтый цвѣтъ, который, какъ оказывается, носитъ характеръ простой, — „монохроматиченъ". Можно напередъ съ немалой вѣроятностью предсказать, что отыскиваемыя нами волны свѣта очень малы и очень быстро смѣняютъ одна другую. Поэтому то и не удается при двухъ различныхъ источникахъ уловить двѣ такихъ послѣдовательныхъ волны,



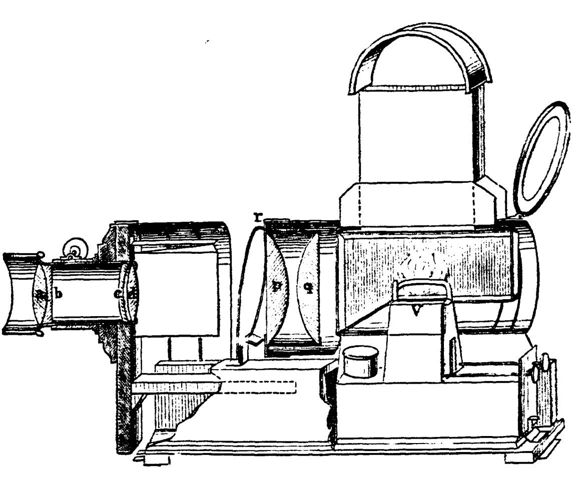
Комбинація оптическихъ стеколъ въ объективѣ микроскопа. См. текстъ, стр. 217.



Комбинація оптическихъ стеколъ въ окулярѣ микроскопа. См. текстъ, стр. 217.

которыя отличались бы ровно на полволны или, что все равно, разнились бы по времени выхода на какую-нибудь дробь тысячной доли секунды.

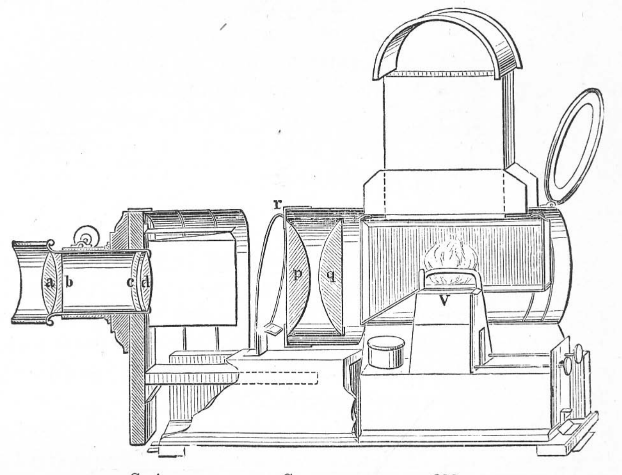
Успѣхъ Френеля объясняется тѣмъ, что онъ взялъ лишь одинъ источникъ свѣта F, который зато отражался отъ двухъ зеркалъ AB и BC, установленныхъ другъ относительно друга подъ весьма небольшимъ угломъ (см. чертежъ на стр. 227). Отраженные отъ зеркалъ лучи принимаются на экранъ; въ каждой точкѣ этого экрана сходятся два луча: одинъ отъ перваго зеркала, другой отъ второго. Въ виду небольшого наклона зеркалъ пути обоихъ лучей мало отличаются другъ отъ друга; различіе выступаетъ сильнѣе въ тѣхъ лучахъ, которые отражаются отъ зеркалъ вкось. Если свѣтъ представляетъ изъ себя волновое движеніе, то, благодаря этой разницѣ путей, посылаемыхъ обоими зеркалами волнъ, въ извѣстныхъ точкахъ экрана, напримѣръ p, s, t, r, сойдутся двѣ такихъ волны, которыя отличаются ровно на полволны. Тутъ дѣйствіе ихъ взаимно уничтожается, но есть другія точки, въ которыхъ двѣ волны сходятся хребтами и въ нихъ (точки h, u, k) мы видимъ усиленное освѣщеніе. Получаются такія же стоячія волны, какъ тѣ, которыя мы наблюдали на поверхности воды, когда она двигалась отъ сотрясенія, вызваннаго двумя брошенными камнями. Если изображеніе пламени представляется свѣтлой линіей, просвѣчивающей сквозь щель, то на экранѣ получится рядъ полосъ свѣтлыхъ и темныхъ, такъ называемыхъ „интерференціонныхъ полосъ“. При соотвѣтственномъ расположеніи приборовъ, что требуется въ виду исключительной малости свѣтовыхъ волнъ, можно разсмотрѣть въ лупу эти полосы, существованіе которыхъ не оставляетъ ни малѣйшаго сомнѣнія. Такимъ образомъ волнообразный характеръ свѣта строго доказанъ; впрочемъ при нашихъ представленіяхъ о природѣ лучистой теплоты, ничего другого мы и не могли ожидать.



Сціоптиконъ. См. текстъ, стр. 220.

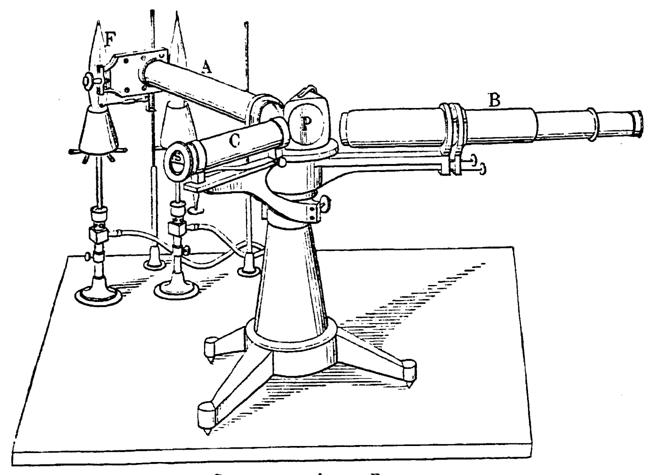
Не такъ давно въ этомъ опытѣ Мартенсъ примѣнилъ полное отраженіе. Пусть на чертежѣ, помѣщен. на стр. 228, I и II обозначаютъ поверхности призмы, уголъ между которыми весьма близокъ къ прямому, отличается отъ него приблизительно на $2^1/_2$ минуты (дуговыхъ); одинъ изъ лучей, составляющихъ пучекъ, выходящій изъ щели S, отражается отъ I по направленію къ II, а отсюда дальше и возвращается почти туда же, откуда вышелъ; другой какой-нибудь лучъ совершаетъ обратный путь отъ II къ I. Наблюдателю будетъ казаться, что эти два луча выходятъ изъ S′ и S″; между разстояніемъ F и длиной волны свѣта, примѣненнаго въ нашемъ опытѣ, существуетъ, какъ оказывается, опредѣленное соотношеніе. Отсюда мы получаемъ способъ измѣренія длины свѣтовой волны.

Наблюдаемое нами въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ разстояніе между интерференціонными полосами позволяетъ, очевидно, перейти и къ вычисленію величины самихъ волнъ. Мы знаемъ, что пути двухъ лучей, отраженныхъ отъ френелевыхъ зеркалъ и встрѣчающихся въ одной и той же точкѣ экрана, при переходѣ отъ одной волновой впадины къ другой, то-есть при переходѣ отъ одной интерференціонной полосы къ другой, измѣняются на цѣлую волну. Зная разстояніе между такими двумя полосами, длину пути, пробѣгаемаго свѣтомъ отъ источника до извѣстнаго мѣста на экранѣ, и уголъ между зеркалами, мы можемъ на основаніи единственнаго допущенія о волнообразномъ характерѣ свѣта, опре-



Сціоптиконъ. См. текстъ, стр. 220.

дѣлить величину волнъ. У насъ получаются числа чрезвычайно малыя. Длина волнъ натрія, того желтаго свѣта, которымъ мы пользовались въ своемъ опытѣ, равна лишь 589 милліоннымъ одного миллиметра (589 $\mu\mu$.). Первыя по порядку волны на красномъ концѣ спектра, производящія на глазъ впечатлѣніе свѣта, имѣютъ длину 770 $\mu\mu$. послѣднія же изъ свѣтовыхъ волнъ, фіолетовыя, въ два раза короче. Итакъ, смѣсь волнъ, посылаемыхъ раскаленнымъ до-бѣла тѣломъ, въ тѣхъ границахъ, въ какихъ онѣ представляются глазу, какъ свѣтъ, не выходитъ за предѣлы одной октавы. Границы воспринимательной способности глаза, опредѣляемыя физіологическими условіями, гораздо тѣснѣе границъ, какія можно указать въ этомъ направленіи для уха. Но слѣдуетъ отмѣтить, что эта ограниченность функціи является въ то же время важнымъ преимуществомъ. Главная задача чувства зрѣнія получать по возможности наиболѣе несомнѣнныя опредѣленныя впечатлѣнія; еслибъ глазъ могъ воспринимать не одну октаву, а нѣсколько, то повторенія одинаковыхъ цвѣтовъ въ этихъ октавахъ отозвались бы вредно на этомъ свойствѣ зрѣнія.



Спектроскопъ Бунзена.

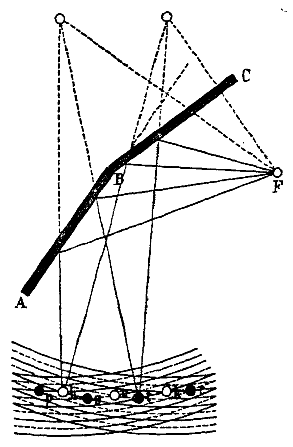
Тѣ общія свойства волнообразнаго движенія, съ которыми мы познакомились при изученіи колебаній струнъ, наблюдаются и во всѣхъ остальныхъ видахъ волнообразныхъ движеній. Въ свое время для выясненія этого обстоятельства, мы разлагали мысленно струны на совокупность отдѣльныхъ элементовъ, теперь по тѣмъ же соображеніямъ мы изъ подвигающихся впередъ атомовъ эѳира складываемъ въ умѣ волнообразную цѣпь. Въ частности по отношенію къ волнамъ эѳира остается въ полной силѣ найденное нами на стр. 134 соотношеніе между длиной волны и числомъ колебаній: $N = \frac{v}{\lambda}$, гдѣ v скорость распространенія волны, а λ — длина волны. По этой формулѣ число N, которое мы находимъ для наиболѣе длинныхъ волнъ, волнъ красныхъ, выражается, въ круглыхъ цифрахъ, 390 билліонами колебаній въ секунду; фіолетовый свѣтъ въ секунду совершаетъ колебаній въ два раза больше. У насъ получаются тутъ такія числа, что съ ними, какъ и съ тѣми, которыя выражаютъ размѣры небесныхъ протяженій и имѣютъ нѣчто общее съ первыми въ характеризуемыхъ ими движеніяхъ, мы не можемъ связать никакихъ представленій. Если всѣ высказанныя нами на этотъ счетъ соображенія правильны, то времена обращеній планетъ-молекулъ около ихъ центровъ тяжести должны равняться только-что приведеннымъ нами продолжительностямъ колебаній, поскольку они связаны съ температурами, при которыхъ начинаютъ посылать того или другого сорта свѣтъ. Такимъ образомъ одни члены міровой системы совершаютъ вокругъ своего центра въ теченіе одной секунды сотни билліоновъ обращеній, другіе же затрачиваютъ на такое же обращеніе сотни лѣтъ. А посреди, между этими ступенями бытія, стоитъ человѣкъ и стремится познать все, что находится выше его и ниже его.

Если предположить существованіе мыслящихъ существъ на этихъ планетахъ-молекулахъ, то, по ихъ представленіямъ, всякое, едва замѣтное движеніе человѣка, должно казаться безконечно длиннымъ, тянущимся цѣлую вѣчность, для нихъ человѣческая секунда — 400 билліоновъ лѣтъ, то-есть она тянется, по крайней мѣрѣ, въ милліонъ разъ больше эпохи, охватывающей всю исторію развитія земли.

Между наиболѣе быстрыми колебаніями звуковыхъ волнъ, быстрота которыхъ, какъ мы видѣли, не превышаетъ 90000 смѣнъ въ секунду, и первыми по порядку (въ этомъ смыслѣ) свѣтовыми волнами лежитъ огромная пропасть, которая въ природѣ чѣмъ-нибудь несомнѣнно да заполнена. Что касается волнъ звуковыхъ, то не слѣдуетъ забывать, что онѣ распространяются въ совершенно иной средѣ, чѣмъ колебанія свѣтовыя: наряду съ звуковыми волнами могутъ распространяться характеризующіяся тѣмъ же числомъ колебаній въ секунду волны свѣтовыя, но дѣйствія ихъ будутъ совершенно различны. Такимъ образомъ, всю область между нулевой точкой движенія и нижнимъ числомъ свѣтовыхъ колебаній надо надлежащимъ образомъ заполнить. Этимъ промежуточнымъ звеномъ служитъ лучистая теплота тѣми своими частями, которыя лежатъ ниже предѣловъ краснаго каленія.

g) Спектральный анализъ.

Послѣ этого отступленія, благодаря которому мы пришли къ убѣжденію, что свѣтъ, по природѣ своей, есть волнообразное движеніе, мы вернемся къ разложенію его при помощи спектроскопа на цвѣта, на свѣтовые тона, какъ мы могли бы теперь выразиться.

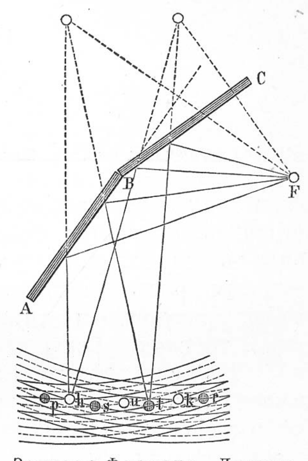


Зеркала Френеля. Доказательство волнообразности свѣта. См. текстъ, стр. 225.

Изъ каждаго раскаленнаго до-бѣла тѣла исходятъ всѣ сорта свѣта, то есть свѣтъ всѣхъ длинъ волны въ предѣлахъ, указанныхъ выше: спектръ такого тѣла — спектръ сплошной, непрерывный.

Такая спектроскопическая картина является неотъемлемымъ свойствомъ всѣхъ тѣлъ, въ состояніяхъ твердомъ и жидкомъ. Газообразное же состояніе, которое во многихъ отношеніяхъ по своимъ физическимъ свойствамъ представляло особенности, существенно отличается отъ твердаго и жидкаго состояній и характеромъ присущихъ ему свѣтовыхъ колебаній. Благодаря ихъ изученію и добыты удивительные результаты спектроскопическихъ изслѣдованій. Описывая основной опытъ Френеля, мы уже говорили о свѣтѣ, испускаемомъ парами натрія, и тогда же мы указали, что это однородный желтый свѣтъ. Если помѣстить такое натрійное пламя передъ щелью спектроскопа, то во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, гдѣ нашъ приборъ не обладаетъ особенными приспособленіями, вмѣсто разноцвѣтной полосы получается свѣтящаяся желтымъ свѣтомъ единственная линія, которая находится на томъ самомъ мѣстѣ, которое занято въ сплошномъ спектрѣ желтымъ цвѣтомъ. (см. таблицу спектровъ стр. 230). Такимъ образомъ свѣтъ, испускаемый раскаленными парами натрія, имѣетъ волну совершенно опредѣленной длины, все равно, какъ струна, натяженіе которой постоянно, можетъ издавать неизмѣнно лишь одинъ звукъ. Итакъ, всѣ раскаленные атомы натрія (при указанномъ выше ограниченіи) движутся въ своихъ молекулярныхъ системахъ по своимъ орбитамъ неизмѣнно съ одной и той же скоростью.

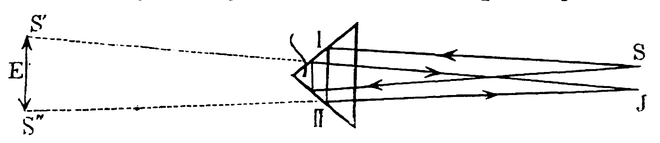
Наша теорія тепла указываетъ намъ на возможность такого объясненія. Прежде всего мы должны признать, что натрій можетъ принять какую угодно температуру и, если онъ нагрѣтъ до температуры краснаго каленія, то можетъ испускать и красные лучи. Но при этой температурѣ получается столько паровъ натрія, что желтые лучи „заглушаютъ" лучи другого цвѣта, если можно такъ выразиться по аналогіи съ соотвѣтственнымъ звуковымъ явленіемъ. Желтую линію въ спектроскопъ мы видимъ на слабомъ фонѣ спектра сплошного, размѣры котораго, по мѣрѣ повышенія температуры не обращеннаго въ паръ натрія, возрастаютъ. Но мы видѣли, что желтый цвѣтъ въ спектрахъ тѣлъ твердыхъ и жидкихъ появляется лишь при достиженіи тѣломъ температуръ лежащихъ выше 1000^0, желтая же линія появляется при гораздо болѣе низкихъ температурахъ.



Зеркала Френеля. Доказательство волнообразности свѣта. См. текстъ, стр. 225.

Этотъ случай показываетъ намъ всю разницу между температурой и лучистой теплотой. Въ предыдущей главѣ мы показали, что въ основѣ тепловыхъ явленій лежатъ молекулярныя движенія, которыя характеризуются размѣрами діаметровъ орбитъ, по которымъ движутся молекулы, и скоростями молекулъ. Спектроскопъ указываетъ въ данномъ случаѣ на то, что время обращеній атомовъ паровъ натрія по орбитамъ всегда одно и то же, и что съ измѣненіемъ температуры пара натрія измѣняются размѣры однихъ орбитъ. Иначе обстоитъ дѣло въ тѣлахъ твердыхъ и жидкихъ. Въ этихъ аггрегатныхъ состояніяхъ свобода перемѣщеній затруднена, и потому при взаимныхъ столкновеніяхъ атомовъ могутъ уменьшаться и времена ихъ обращеній по орбитамъ.

Спектроскопъ позволяетъ установить слѣдующій интересный фактъ: изъ свободныхъ молекулъ газа въ каждомъ тѣлѣ складываются своего рода міровыя системы, отдѣльные члены которыхъ имѣютъ для каждаго химическаго вещества свое особое, но вполнѣ опредѣленное время обращенія. Каждый раскаленный газъ даетъ такъ называемый **линейчатый спектръ**: онъ можетъ имѣть не только одну свѣтлую линію, какъ спектръ натрія; спектръ многихъ веществъ, разсматриваемый нами въ спектроскопѣ, заключаетъ въ себѣ цѣлый рядъ линій, отдѣленныхъ темными полосами. Строго говоря, и въ спектрѣ натрія не одна линія. Если въ спектроскопѣ имѣются такія комбинаціи призмъ, съ помощью которыхъ можно достигнуть сильнаго свѣторазсѣянія, то эта желтая линія распадается на двѣ рядомъ расположенныхъ полосы. На страницѣ 250 имѣется таблица, изображающая рядъ спектровъ различныхъ веществъ, по Эрдману. Такъ какъ свѣтъ, характеризующійся этими линіями, исходитъ прямо изъ того или другого источника, то спектры эти называются спектрами лучеиспусканія.



Интерференція свѣта. Опытъ Мартенса. См. текстъ, стр. 225.

Въ спектрѣ желѣза насчитывается до 4,500 линій, и во многихъ другихъ веществахъ мы видимъ ту же сложность подобнаго рода спектровъ. Но въ правѣ ли мы отсюда заключить, что каждой изъ этого множества разнящихся по длинѣ волнъ соотвѣтствуетъ своя планета-молекула, съ своимъ особеннымъ, присущимъ только ей одной, временемъ обращенія? Если это такъ, то каждая изъ этихъ ни съ чѣмъ не сравнимыхъ по своей малости міровыхъ системъ была бы богаче численностью составляющихъ тѣлецъ, чѣмъ любой изъ извѣстныхъ намъ міровъ, находящихся въ небесныхъ пространствахъ; если взять, напримѣръ, нашу солнечную систему, то она могла бы выдержать въ сказанномъ нами смыслѣ сравненіе съ молекулярной системой лишь въ томъ случаѣ, если мы при подсчетѣ включимъ въ ея кругъ всѣ небольшія планеты. Спектръ желѣза содержитъ не только небольшое число вполнѣ яркихъ линій, которыя предстали бы предъ нами отчетливо въ томъ случаѣ, если бъ мы умѣли изслѣдовать спектроскопически тѣ эфирныя волны, которыя посылаются въ міровое пространство движущимися въ немъ планетами и спутниками нашей солнечной системы при ихъ перемѣщеніяхъ. Это тѣ самыя волны эѳира, которыя исходятъ изъ молекулярныхъ системъ, но въ первомъ случаѣ длины ихъ исчисляются милліонами километровъ, во второмъ — милліонными долями миллиметра.

Въ дѣйствительности же наше заключеніе о многочисленности членовъ молекулярной системы, къ которому мы перешли, имѣя передъ собой лишь фактъ многочисленности спектральныхъ линій, требуетъ большихъ оговорокъ, сущность которыхъ выясняется сразу изъ нашихъ наблюденій надъ взаимодѣйствіемъ звуковыхъ волнъ. Мы уже тогда отмѣтили тотъ фактъ, что основной тонъ даетъ начало цѣлому ряду обертоновъ, что основная волна всегда испещрена рябью болѣе мелкихъ волнъ, придающихъ основному тону его особый характеръ, его тембръ. Въ свѣтовыхъ волнахъ мы встрѣчаемъ тѣ же свойства: если основной свѣтовой тонъ обладаетъ по выходѣ изъ источника доста-

точной силой, то наряду съ нимъ тотчасъ же по „созвучію" возникаютъ свѣтовыя терціи, квинты и т. д. При такомъ порядкѣ возникновенія менѣе яркихъ линій въ сложномъ спектрѣ отношенія между длинами соотвѣтствующихъ имъ волнъ, какъ это мы видѣли на волнахъ звуковыхъ, будутъ выражаться въ простыхъ числахъ. Затѣмъ съ возрастаніемъ яркости источника слабыя линіи будутъ появляться все въ большемъ и большемъ числѣ и при особыхъ условіяхъ линіи этихъ свѣтовыхъ обертоновъ могутъ пріобрѣсти ту же необычайную отчетливость, какъ обертоны музыкальные при употребленіи соотвѣтственной формы резонаторовъ.

Все сказанное отъ слова до слова, какъ это ни поразительно, можетъ быть приложено и къ спектрамъ газообразныхъ тѣлъ. Начнемъ со спектра водорода. При слабомъ нагрѣваніи водорода, въ спектрѣ его наблюдаются лишь три линіи, но стоитъ температурѣ газа немного повыситься и тотчасъ же число ихъ увеличивается. Оказывается, что длина волны любой изъ этихъ линій выражается формулой $\frac{364{,}542\ m^2}{(m^2-4)}$, куда вмѣсто m надо только подставить одно изъ цѣлыхъ чиселъ, составляющихъ первый столбецъ (см. таблицу ниже). Вычисленіе по этой формулѣ даетъ длину волны въ милліонныхъ доляхъ миллиметра (второй столбецъ чиселъ); наконецъ, въ третьемъ столбцѣ помѣщены числа, полученныя изъ наблюденій.

m	вычисленіе	наблюденіе	m	вычисленіе	наблюденіе
3	656,18	656,21	10	379,73	379,73
4	486,08	486,07	11	377,00	376,99
5	433,98	433,95	12	374,96	375,02
6	410,11	410,12	13	373,38	373,41
7	396,95	396,92	14	372,14	372,11
8	388,84	388,81	15	371,14	371,12
9	383,48	383,49			

Первыя три приведенныя здѣсь линіи, имѣющія длины волнъ, соотвѣтствующія m=3, 4 и 5, и есть тѣ три спектральныхъ линіи водорода, которыя выдѣляются своей яркостью. Мы знаемъ, что наибольшей силой отличаются тѣ обертоны, которымъ соотвѣтствуютъ наиболѣе простыя соотношенія. Линіи, соотвѣтствующія числамъ m выше 5, въ обыкновенный спектроскопъ уже не видны. Сопоставленіе величинъ, вычисленныхъ по формулѣ, и полученныхъ нами путемъ наблюденія показываетъ, до чего совпадаютъ теорія и дѣйствительность. Разница между соотвѣтственными величинами не превышаетъ нѣсколькихъ сотыхъ милліонной доли миллиметра и лежитъ въ предѣлахъ неизбѣжныхъ ошибокъ наблюденія. Такое совпаденіе чиселъ говоритъ о той удивительной точности, какой достигло современное экспериментаторское искусство.

Всѣ приведенныя въ этой таблицѣ волны лежатъ въ предѣлахъ одной и той же октавы. Иначе и быть не можетъ, потому что мы все время говоримъ о спектрѣ видимомъ, а онъ охватываетъ собой лишь одну октаву. Вопреки тому, что мы наблюдали при изслѣдованіи музыкальныхъ тоновъ, число замѣтныхъ для насъ обертоновъ волнъ свѣтовыхъ значительно больше, чѣмъ тамъ. Глазъ, въ тѣхъ предѣлахъ, какіе ему отведены, обладаетъ гораздо большей чувствительностью, чѣмъ ухо, и сверхъ того, для разложенія сложныхъ свѣтовыхъ аккордовъ имѣетъ въ своемъ распоряженіи столь тонкое вспомогательное орудіе, какъ спектроскопъ. При изслѣдованіи звуковыхъ волнъ мы пока лишены такого рода орудія.

Въ расположеніи сказанныхъ линій водорода замѣчается слѣдующая характерная особенность. Чѣмъ больше подходимъ мы къ фіолетовому концу спектра, чѣмъ меньше, стало быть, длины волнъ, тѣмъ ближе другъ отъ друга лежатъ эти линіи. При вычисленіи длинъ волнъ по приведенной выше формулѣ, начиная съ m=16 и выше, мы замѣчаемъ, что получающіяся числа отличаются другъ отъ друга все меньше и, наконецъ, для m=∞ получается волна длиной въ 364,542. Тутъ уже безконечно большое число линій. Если-бъ онѣ были достаточно ярки, настолько, по крайней мѣрѣ, чтобы ихъ можно было видѣть, то уже задолго до этого мѣста онѣ лежатъ такъ близко другъ отъ друга, что совершенно сливаются: онѣ производили бы на насъ впечатлѣніе сплошного спектра, оканчивающагося

на волнѣ длиной въ 364,542. Есть цѣлый рядъ веществъ, составляющихъ вполнѣ опредѣленный химическій классъ, въ которыхъ наблюдается совершенно то же расположеніе спектральныхъ линій, какъ и въ водородѣ; но въ этомъ газѣ приходится ограничиться вычисленіемъ, за неимѣніемъ возможности наблюдать спектральныя линіи, которыя тутъ слишкомъ блѣдны, непосредственно. Таковъ, напримѣръ, спектръ барія (см. прилагаем. таблицу спектровъ), одинъ изъ такъ называемыхъ полосатыхъ спектровъ, которые состоятъ изъ ряда полосъ, съ одной стороны, рѣзко очерченныхъ, съ другой — мало-по-малу расплывающихся. Иногда удается разсмотрѣть, что эти полосы составлены изъ отдѣльныхъ линій; но по большей части спектръ представляется сплошнымъ на всемъ протяженіи полосы, затѣмъ яркость его быстро падаетъ, и въ ближайшей полосѣ снова быстро возрастаетъ. Зная, какъ смѣняютъ другъ друга ряды извѣстныхъ намъ свѣтовыхъ обертоновъ, легко понять и образованіе этихъ спектровъ.

Изъ существованія этихъ періодически повторяющихся полосъ вытекаетъ объясненіе другого интереснаго факта. Нѣкоторые газы при сильномъ нагрѣваніи, которое получается, когда черезъ нихъ проходитъ электрическая искра высокаго напряженія, не только пріобрѣтаютъ новыя линіи, но прежнія линіи по мѣрѣ повышенія температуры становятся все ярче и ярче, расширяются и, наконецъ, сливаются съ смежными линіями, такъ что получается одинъ сплошной спектръ. Особенно ясно видно это въ водородѣ. При сильномъ нагрѣваніи эти газы пріобрѣтаютъ свойства тѣлъ твердыхъ или жидкихъ. Примѣръ изъ области акустики пояснитъ и этотъ фактъ. Опредѣленный музыкальный тонъ, дѣйствуя на свободныя струны фортепьяно, наряду съ колебаніями соотвѣтствующей ему струны вызываетъ колебанія струнъ, соотвѣтствующихъ сопровождающимъ этотъ тонъ обертонамъ. Мы будемъ имѣть линейчатый звуковой спектръ. Но если основной тонъ, проникающій въ фортепьяно, слишкомъ силенъ, если, напримѣръ, онъ исходитъ изъ трубы, приложенной къ самому резонансному ящику фортепьяно, то колебаться начинаютъ сразу всѣ струны, и въ общемъ шумѣ уже нельзя разобрать ни одного отдѣльнаго музыкальнаго тона: это сплошной звуковой спектръ. То же самое происходитъ въ сильно раскаленныхъ газахъ: тутъ перемѣшиваются всѣ волны; гребни и впадины большихъ волнъ сливаются, и въ спектрѣ появляются всѣ цвѣта, всѣ видимыя волны всевозможныхъ длинъ.

Что касается водорода и нѣкоторыхъ другихъ химическихъ элементовъ, то тутъ можно ограничиться предположеніемъ о существованіи въ нихъ одной единственной планеты-молекулы, обращенія которой возбуждаютъ эѳирныя колебанія всякаго рода длины волны, которымъ соотвѣтствуютъ видимыя нами въ спектрѣ линіи. Не во всѣхъ элементахъ это такъ; но во всякомъ случаѣ, несмотря на то, что изслѣдованіе этого интереснаго вопроса начато весьма недавно, мы знаемъ уже теперь, что молекулярныя міровыя системы, о которыхъ мы говоримъ, заключаютъ въ себѣ повидимому сравнительно очень мало членовъ, а потому и съ этой точки зрѣнія вполнѣ законно сравненіе ихъ съ великими небесными планетными системами. При обсужденіи соотношеній между характеромъ спектра и химической природой веществъ мы еще къ этому вернемся.

Спектры съ смежными двойными линіями, подобно линіямъ натрія, обнаруживаютъ весьма интересное сходство. Между длинами волнъ обѣихъ линій нѣтъ того соотношенія, которое заставляло бы насъ признать одну обертономъ другой. Онѣ самостоятельны, ихъ, стало быть, возбуждаютъ обращенія двухъ различныхъ молекулярныхъ тѣлецъ, и времена этихъ обращеній не вполнѣ равны другъ другу, но отличаются они на чрезвычайно малую величину. Къ аналогичнымъ результатамъ мы приходимъ при наблюденіи планетъ и ихъ спутниковъ. Если перевести обращенія земли съ ея сравнительно большимъ спутникомъ на языкъ этихъ микроскопическихъ величинъ, то мы въ правѣ сказать, что въ этомъ случаѣ получаются точно такія же пары волнъ эѳира, какъ и раньше. Двойной основной тонъ спектра натрія возбуждаетъ соотвѣтственные обертоны; другими словами, въ спектрѣ наблюдается рядъ другихъ линій, которыя по изслѣдованію оказываются всѣ безъ исключенія двойными. Въ спектрѣ натрія вторая линія, какъ показываетъ пря-

мое наблюденіе, дѣйствительно удовлетворяетъ этому условію. Что касается до остальныхъ его линій, которыя мы находимъ какъ разъ на мѣстахъ, указываемыхъ теоріей, то онѣ слишкомъ слабы и потому разсмотрѣть, какъ онѣ раздвояются, не удается. Но съ насъ достаточно одной второй двойной линіи: она позволяетъ намъ сказать, что молекула натрія представляетъ изъ себя міровую систему, слагающуюся изъ двухъ планетъ.

Но закономѣрность обнаруживается не только на линіяхъ одного и того же спектра, что позволитъ намъ впослѣдствіи заглянуть въ самую глубь чудеснаго міра атомовъ; можно указать на соотношенія, существующія между спектрами различныхъ элементовъ; изъ этихъ соотношеній становится ясной зависимость спектра отъ атомнаго вѣса элемента, то есть отъ массы его отдѣльныхъ колеблющихся тѣлецъ. Ниже у насъ помѣщена таблица спектровъ и соотвѣтственныхъ атомныхъ вѣсовъ: изъ этой таблицы мы видимъ совершенно ясно, что по мѣрѣ

800 700 600 500 400 300 200
Длина волны
Литій 7
Натрій 23
Калій 39
Рубидій 85
Цезій 133
Атомный вѣсъ.
Красный желтый зеленый Голубой. Фіолетовый.

Зависимость спектровъ отъ атомныхъ вѣсовъ. См. текстъ выше.

возрастанія атомнаго вѣса серіи линій отступаютъ все дальше и дальше къ красному концу спектра, а, стало быть, члены ихъ молекулъ совершаютъ свои обращенія тѣмъ медленнѣе, чѣмъ больше движущіяся массы. Существуетъ полное сходство между только что описанными явленіями и движеніями, наблюдаемыми въ мірѣ, не требующемъ для своего изслѣдованія микроскоповъ. Конечно подобныя сопоставленія, о которыхъ заговорили лишь въ самое недавнее время, придется значительно углубить, — только тогда эти интересныя соотношенія могутъ получить болѣе точную формулировку.

Далѣе чрезвычайно интересно то обстоятельство, что при различныхъ напряженіяхъ электрическаго тока, накаляющаго газы, спектры этихъ газовъ имѣютъ каждый разъ совершенно особый характеръ. Примѣромъ могутъ служить помѣщенные на нашей таблицѣ два спектра аргона (по Эрдману). Красный спектръ получается при обыновенныхъ условіяхъ, а голубой въ томъ случаѣ, если довести разрѣженіе въ трубкѣ до высокой степени и затѣмъ пропустить черезъ газъ искру отъ лейденской батареи высокаго напряженія.

Когда мы говорили о переходѣ непрерывнаго спектра твердыхъ или жидкихъ тѣлъ при превращеніи ихъ въ парообразное состояніе въ спектръ лучеиспусканія съ отдѣльными яркими линіями, то, для простоты изложенія, мы вовсе не упоминали о томъ промежуточномъ явленіи, которое наступаетъ, когда большая часть испускающаго свѣтъ тѣла находится еще въ состояніи бѣлаго каленія, но вокругъ него уже образовалась атмосфера паровъ. Попробуемъ предсказать на основаніи одной теоріи, каковъ будетъ видъ спектра въ этомъ случаѣ. Температура паровъ въ этой атмосферѣ, конечно, очень высока, но все-таки она ниже температуры раскаленнаго ядра, которое они облекаютъ; потому что они въ свою очередь окружены еще болѣе холоднымъ пространствомъ и посылаютъ въ него свою лучистую теплоту. Оболочка, взятая отдѣльно отъ ядра, дала бы спектръ съ яркими линіями, ядро отдѣльно отъ оболочки — спектръ сплошной. Если бы отъ прибавленія свѣта къ свѣту всегда получалось усиленіе яркости, то наложеніе

спектра ядра на спектръ его оболочки должно было бы дать разноцвѣтную непрерывную полосу, и тѣ участки ея, на которые выпадаютъ свѣтлыя линіи спектра газовъ, должны были бы быть ярче частей смежныхъ. Но мы придемъ къ совершенно иному результату, если обсудимъ этомъ случай съ точки зрѣнія волновой теоріи свѣта и ученія о теплотѣ. Изъ раскаленнаго до-бѣла ядра излучаются волны всѣхъ длинъ, а, стало быть, и тѣ волны, которыя по длинѣ соотвѣтствуютъ свѣтлымъ линіямъ газоваго спектра разсматриваемаго нами вещества. Но высоты волнъ (амплитуды), распространяющихся отъ ядра, больше высотъ тѣхъ волнъ, которыя посылаетъ оболочка, потому что ядро теплѣе оболочки. Взаимодѣйствіе ихъ выражается въ томъ, что эти высоты уравниваются; другими словами, температуры ядра и оболочки стремятся къ уравненію. Поэтому въ тѣхъ мѣстахъ непрерывнаго спектра, гдѣ находятся свѣтлыя линіи, амплитуды волнъ уменьшаются, потому что часть движущей силы идетъ на повышеніе температуры, поглощается. Въ результатѣ именно эти части спектра должны стать темнѣе окружающихъ. Подверждается сказанное слѣдующимъ опытомъ: пусть у насъ имѣется полученный какимъ бы то ни было способомъ сплошной спектръ; такой спектръ даетъ, напримѣръ, пламя свѣтильнаго газа, потому что свѣченіе его обусловливается носящимися въ нёмъ твердыми раскаленными до-бѣла частичками угля. Затѣмъ, между источникомъ свѣта и спектроскопомъ по пути распространенія лучей помѣщаемъ превращенный въ пары натрій, доведенный не до очень высокой температуры; при этомъ въ желтой части спектра появляется темная линія какъ разъ на томъ самомъ мѣстѣ, гдѣ мы увидимъ извѣстную намъ желтую линію, какъ только будетъ удаленъ находящійся позади источникъ свѣта. Явленіе это наблюдается постоянно, какое бы вещество мы ни взяли. Получившійся такимъ образомъ спектръ съ темными линіями на свѣтящейся разноцвѣтной полосѣ называется спектромъ поглощенія, который у насъ на таблицѣ спектровъ (солнечный свѣтъ) и стоитъ на первомъ мѣстѣ.

Въ области звука можно тотчасъ же указать соотвѣтствующее этому процессу явленіе: это — резонансъ. Музыкальный тонъ дѣйствуетъ на струну, число колебаній которой соотвѣтствуетъ этому тону и которая до того находилась въ покоѣ, подобно свѣтовымъ волнамъ ядра, приводящимъ въ колебательное состояніе молекулы оболочки. Но отыскать такое звуковое явленіе, которое въ точности соотвѣтствовало бы спектру поглощенія, врядъ ли удастся. Если ударить заразъ по всѣмъ клавишамъ фортепьяно, на которомъ лежитъ скрипка, то струны скрипки въ отвѣтъ на это зазвучатъ, но то, что при этомъ получится, будетъ соотвѣтствовать спектру лучеиспусканія, потому что звучатъ тѣ самыя струны, которыя издаютъ звукъ. Въ области свѣтовыхъ явленій данному случаю соотвѣтствуетъ тотъ случай, когда холодные пары натрія будутъ нагрѣваться лучистой теплотой, исходящей изъ раскаленнаго тѣла, до тѣхъ поръ, пока они не начнутъ испускать изъ себя свѣтъ. При этомъ получится линейчатый спектръ съ свѣтлыми линіями. Соотвѣтствующая спектру поглощенія звуковая картина получится тогда, когда будутъ въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени звучать всѣ струны фортепьяно, и среди нихъ слабѣе другихъ тѣ, звуки которыхъ воспроизводятся звучащими одновременно съ фортепьяно струнами скрипки, лежащей рядомъ съ нашимъ инструментомъ. Разсуждая теоретически, мы несомнѣнно должно придти къ желаемому результату, потому что резонансное дѣйствіе тѣхъ струнъ фортепьяно, которыя приводятъ въ созвучное состояніе скрипку, требуетъ отъ этихъ струнъ большей затраты энергіи, по сравненію съ другими; но въ „непрерывномъ звуковомъ спектрѣ“, въ общемъ шумѣ наше ухо не въ состояніи уловить ни одного отдѣльнаго тона. Спектроскопъ для музыкальныхъ звуковъ еще не изобрѣтенъ.

Изъ сказаннаго вытекаетъ, что темныя линіи въ спектрахъ поглощенія не абсолютно черны, то есть не абсолютно неспособны къ свѣтовымъ дѣйствіямъ, такъ какъ молекулы газовой оболочки совершаютъ колебанія, соотвѣтствующія ея температурѣ. Если бъ эта температура была равна температурѣ ядра, никакого поглощенія бы не наблюдалось. Такимъ образомъ по большей или меньшей

черноте линій поглощенія мы можемъ судить о разницѣ между температурами ядра и его оболочки.

Мы уже упомянули, что въ воздухѣ могутъ получаться волны такого числа колебаній, которое много больше чиселъ колебаній, соотвѣтствующихъ самымъ высокимъ, еще улавливаемымъ нашимъ слухомъ, тонамъ. Всѣ тѣ явленія, съ которыми мы до сихъ поръ знакомились при изученіи звука, повторяются и въ области свѣта; мы знаемъ, что волны лучистой теплоты при послѣдовательномъ повышеніи ихъ числа колебаній совершенно незамѣтно переходятъ въ красный свѣтъ. Вотъ почему мы въ правѣ предположить, что на фіолетовомъ концѣ спектра, гдѣ чувствительность нашего глаза ставитъ субъективный предѣлъ воспріятіямъ свѣта, до сихъ поръ нигдѣ непрерывавшаяся цѣпь эѳирныхъ волнъ на самомъ дѣлѣ не обрывается, что есть еще меньшія волны, что существуютъ еще меньшія времена обращеній, чѣмъ тѣ, которыя соотвѣтствуютъ послѣднему изъ видимыхъ оттѣнковъ фіолетоваго цвѣта. И въ самомъ дѣлѣ, подобно тому какъ есть лучи „инфра-красные", то есть тепловые, существуютъ еще, какъ удалось показать, лучи „ультра-фіолетовые". Обнаружены они благодаря интересному свойству нѣкоторыхъ веществъ, превращающихъ часть лучей поглощеннаго ими свѣта не въ теплоту, какъ мы видали раньше, а снова въ свѣтъ; это такъ называемыя флуоресцирующія тѣла; болѣе подробно заняться ими мы намѣрены потомъ (стр. 271). При поглощеніи свѣта уменьшается въ нихъ не величина молекулярныхъ орбитъ, опредѣляющая собой температуру, а время ихъ колебаній. Свѣтъ, соотвѣтствующій болѣе высокимъ длинамъ волнъ, переходитъ въ свѣтъ, характерный для меньшихъ длинъ; другими словами, при флуоресценціи поглощаемый свѣтъ переходитъ въ тѣ цвѣта, которые немного ближе къ менѣе преломленному, то есть красному краю спектра, гдѣ числа колебаній меньше. Желтый цвѣтъ при этомъ становится краснымъ, зеленый — желтымъ, а „ультрафіолетовый" — фіолетовымъ: невидимые лучи становятся видимыми. Для этого обыкновенно пользуются экраномъ, покрытымъ платиносинеродистымъ баріемъ, веществомъ, съ помощью котораго дѣлаютъ видимыми и рентгеновы лучи. Если на одну какую нибудь часть экрана, скажемъ на верхнюю, нанести это вещество, то спектръ, раскинувшійся по обѣимъ частямъ экрана, на верху будетъ шире, чѣмъ на остальной необработанной части бумажнаго экрана, и вся верхняя часть его будетъ окрашена въ фіолетовый цвѣтъ.

При изслѣдованіяхъ этой ультрафіолетовой части спектроскопомъ обыкновенныя стеклянныя призмы непримѣнимы, такъ какъ мы уже знаемъ, что стекло сильно поглощаетъ быстроколеблющіяся волны. Напротивъ, кварцъ такимъ невыгоднымъ для насъ въ данномъ случаѣ свойствомъ не обладаетъ. Изслѣдуя эти при обыкновенныхъ условіяхъ невидимые лучи при помощи кварцевой призмы, мы найдемъ, что они составляютъ продолженіе спектра видимыхъ свѣтовыхъ колебаній съ протяженіемъ, по крайней мѣрѣ, въ одну октаву, и что въ нихъ наблюдаются тѣ же серіи линій, что и раньше. То же явленіе наблюдается и въ инфракрасномъ тепловомъ спектрѣ (см. тепловой спектръ Ланглея, стр. 184). Закономѣрность во взаимномъ расположеніи линій, наблюдаемая нами въ видимой части спектра, остается, какъ оказывается, въ полной силѣ и по обѣ стороны отъ него. Очень часто мы можемъ указать, въ какомъ мѣстѣ невидимаго спектра надо искать ту или другую линію, и если средства наблюденія намъ позволяютъ, то мы именно тамъ ее и найдемъ.

Ультра-фіолетовые лучи отличаются отъ остальныхъ лучей чрезвычайно интересными и разнообразными свойствами. Дѣйствія ихъ на электрическія явленія, открытыя въ самое послѣднее время, необыкновенно своеобразны; теперь разсматривать ихъ мы еще не въ состояніи; но о химическихъ свойствахъ ихъ мы можемъ говорить уже теперь. Извѣстно, что свѣтъ можетъ быть причиной химическихъ процессовъ, и что полученіе фотографическихъ изображеній на такого рода процессахъ именно и основано. Нѣкоторыя вещества, въ особенности серебряныя соли обладаютъ свойствомъ разлагаться подъ вліяніемъ свѣта, причемъ выдѣляется металлическое серебро, которое и воспроизводитъ оптическое изобра-

женіе, отбрасываемое извѣстнаго рода линзой. Химическую сторону этого процесса мы разсмотримъ потомъ. Въ настоящую же минуту мы отмѣтимъ лишь тотъ фактъ, что наиболѣе слабо дѣйствіе лучей красныхъ, что сильнѣе другихъ дѣйствуютъ лучи ультра-фіолетовые. Такъ какъ изъ химическихъ лучей наиболѣе дѣйствительными являются лучи ультрафіолетовые, то мы можемъ снять съ невидимаго ультрафіолетоваго спектра такую же фотографію, какъ съ спектра видимаго, а, можетъ быть, даже и лучшую. Вотъ почему эту весьма важную часть спектра и изслѣдуютъ путемъ фотографическимъ.

Свѣтлыя или темныя линіи, а также полосы, наблюдаемыя нами въ разныхъ частяхъ спектра, въ спектрахъ извѣстнаго химическаго вещества находятся всегда на одномъ и томъ же мѣстѣ. Онѣ даютъ такимъ образомъ намъ въ руки прекрасное средство для опредѣленія присутствія того или другого вещества: для этого достаточно взглянуть въ спетроскопъ на ихъ раскаленные пары. Впервые это было доказано несомнѣннымъ образомъ въ шестидесятыхъ годахъ девятнадцатаго столѣтія Кирхгофомъ и Бунзеномъ (см. портреты на стр. 236 и стр. 237), которые и стали основателями спектральнаго анализа; ростъ этой молодой отрасли науки, по сравненію съ другими физическими открытіями, ознаменовался наиболѣе важными и плодотворными результатами. Новый методъ, какъ пріемъ качественнаго анализа разнородныхъ веществъ, по чувствительности далеко оставляетъ за собой всѣ химическіе методы. Достаточно, напр., присутствія одной трехмилліонной миллиграмма натрія для того, чтобы въ спектрѣ его появилась характерная для него желтая линія. Натрій входитъ, какъ составная часть, въ поваренную соль, и, такъ какъ часть солей, содержащихся въ морской водѣ, заносится вѣтрами и въ тѣ слои воздуха, которые находятся надъ континентомъ, то почти въ каждомъ спектрѣ, получающемся при спектроскопическихъ изслѣдованіяхъ, есть и линія натрія. Эта чувствительность спектральнаго анализа позволила открыть рядъ такихъ элементовъ, которые имѣлись лишь въ видѣ ничтожной примѣси къ другимъ веществамъ; существованіе ихъ сказалось въ томъ, что въ спектрѣ появлялись такія линіи, которыя по длинѣ ихъ волнъ не соотвѣтствовали ни одному изъ извѣстныхъ до тѣхъ поръ элементовъ. Такимъ путемъ были открыты слѣдущіе необыкновенно рѣдкіе химическіе элементы: рубидій, цезій, таллій, индій, галлій, германій, скандій, самарій и гелій. Спектральный анализъ оказалъ также весьма важныя услуги при открытіи аргона, криптона, неона и тому подобныхъ примѣсей атмосфернаго воздуха, которыя стали намъ извѣстными лишь въ самое недавнее время.

Благодаря тому, что при изслѣдованіяхъ по этому новому методу не требуется, чтобы химическія вещества находились непремѣнно у насъ въ рукахъ или на доступныхъ для насъ разстояніяхъ, мы, какъ это ни удивительно, получили возможность судить о строеніи природы даже на самыхъ далекихъ концахъ вселенной. Мерцающій свѣтъ, долетающій до насъ изъ крайнихъ ея глубинъ, слагается изъ тѣхъ самыхъ волнъ, которыми его надѣлили колебательныя движенія молекулъ, составляющія пославшія этотъ свѣтъ отдаленныя міровыя свѣтила. Такимъ образомъ спектроскопъ позволяетъ намъ судить о тѣхъ тончайшихъ движеніяхъ, которыхъ непосредственно мы не можемъ разглядѣть въ микроскопъ даже на землѣ, и въ томъ случаѣ, когда эти движенія происходятъ на безконечно большихъ отъ насъ разстояніяхъ, по сравненію съ которыми солнце теряется, представляется точкой, не имѣющей діаметра. Вотъ этотъ то фактъ, что простой треугольный кусокъ стекла, которому нашъ испытующій разумъ далъ соотвѣтственное примѣненіе, позволяетъ намъ съ увѣренностью слѣдить взоромъ за молекулярными процессами, происходящими на самыхъ отдаленныхъ свѣтилахъ, есть одно изъ наиболѣе удивительныхъ пріобрѣтеній, о которыхъ когда либо могла мечтать человѣческая мысль. Оно даетъ намъ право надѣяться на новые успѣхи знанія, которые теперь кажутся намъ столь же недостижимыми, какъ нѣсколько десятковъ лѣтъ тому назадъ разложеніе на химическіе элементы находящихся на солнцѣ раскаленныхъ веществъ.

Солнечный свѣтъ въ спектроскопъ представляется глазу въ видѣ равно-

мѣрной разноцвѣтной полосы, исчерченной множествомъ темныхъ линій. Поэтому солнце должно имѣть раскаленное ядро, существованіемъ котораго объясняется сплошной спектръ; но ядро это окружено газообразной оболочкой, атмосферой, и эта атмосфера обусловливаетъ появленіе спектра поглощенія. На эти составныя части въ солнечномъ спектрѣ впервые указалъ Фраунгоферъ; вслѣдствіе этого темныя линіи поглощенія въ этомъ спектрѣ называются также фраунгоферовыми линіями. Наиболѣе рѣзкія линіи самъ Фраунгоферъ назвалъ разными большими буквами; такъ, первая болѣе замѣтная линія въ красной части спектра называется A; въ концѣ еще видимой глазомъ фіолетовой части находится H, въ ультрафіолетовой части названія доходятъ до R и идутъ еще дальше.

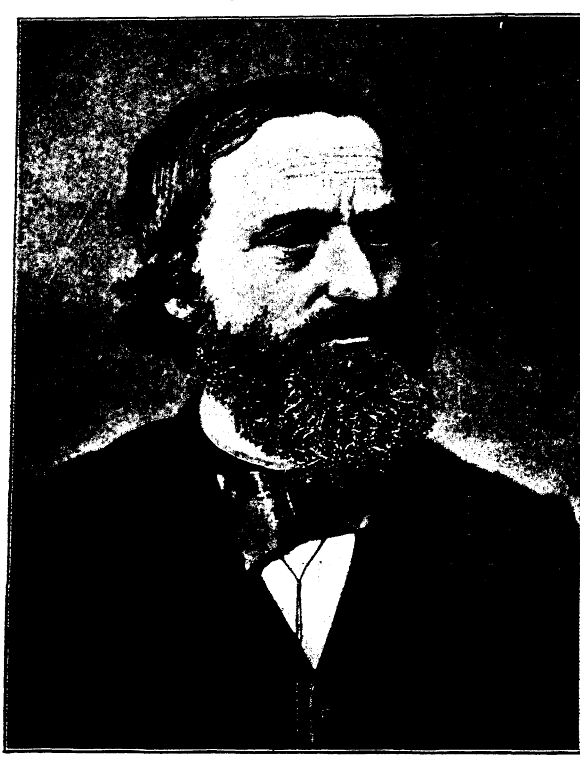
Если въ солнечномъ спектрѣ измѣрить длину волнъ, соотвѣтствующихъ этимъ линіямъ, то окажется, что эти же волны характеризуютъ собой извѣстныя намъ на землѣ вещества. Но еще нѣсколько лѣтъ тому назадъ здѣсь оставалось невыясненнымъ одно противорѣчіе. Вблизи отъ линіи D, которая стоитъ въ солнечномъ спектрѣ, какъ разъ на мѣстѣ часто упоминаемой нами линіи натрія, совершенно отчетливо вырисовывалась другая линія, которой нельзя было указать ни въ одномъ изъ спектровъ извѣстныхъ намъ на землѣ веществъ. Поэтому предположили, что на солнцѣ есть неизвѣстное намъ вещество, которое и было названо геліемъ. По многимъ соображеніямъ о свойствахъ этого вещества, видимаго только въ спектроскопѣ и притомъ на разстояніи отъ насъ солнца, можно было высказать рядъ сужденій уже тогда. Въ 1895 году Рамзай открылъ ту же самую линію въ спектрѣ рѣдкаго минерала клевеита, а затѣмъ ему удалось выдѣлить изъ соединенія находившихся въ клевеитѣ извѣстныхъ намъ веществъ, и само это солнечное вещество, гелій. Это открытіе было однимъ изъ величайшихъ тріумфовъ спектральнаго анализа. Длина волны этой, ставшей знаменитой, линіи гелія равна 587,6, длина первой линіи натрія 589,6. Теперь мы знаемъ, что гелій, въ качествѣ составной части атмосфернаго воздуха, находится вокругъ насъ, правда, въ весьма незначительныхъ количествахъ, повсюду.

Изъ насчитанныхъ нами въ спектрѣ желѣза 4500 линій, въ солнечномъ спектрѣ оказываются всѣ тѣ, которыя можно разсмотрѣть въ немъ при современной техникѣ наблюденій, числомъ свыше двухъ тысячъ.

Имѣя налицо тождественность этихъ фактовъ, кто станетъ сомнѣваться въ томъ, что желѣзо въ видѣ раскаленнаго газа дѣйствительно не входитъ въ составъ солнечной атмосферы? На основаніи теоріи вѣроятностей произвели оцѣнку этихъ тысячекратныхъ совпаденій, и оказалось, что милліоны шансовъ противъ одного говорятъ въ пользу тождественности этого вещества на солнцѣ съ желѣзомъ. Строго говоря, вычисленную нами степень вѣроятности мы должны были бы значительно понизить, такъ какъ мы уже знаемъ, что большое число такихъ спектральныхъ линій, какъ „свѣтовые обертоны“, должны имѣть одну и ту же причину. Мы покажемъ эту тождественность извѣстнаго числа линій другимъ путемъ, основываясь на нашихъ атомистическихъ воззрѣніяхъ. Всѣ свойства веществъ вытекаютъ изъ ихъ молекулярнаго строенія и происходящихъ въ нихъ молекулярныхъ движеній. Какъ то, такъ и другое находитъ, какъ мы видѣли, свое выраженіе въ распространяющихся отъ этихъ тѣлъ эѳирныхъ волнахъ. Если окажется, что такія волны въ какихъ-нибудь двухъ случаяхъ совершенно одинаковы, то отсюда мы въ правѣ будемъ заключить, что тождественны и всѣ остальныя молекулярныя ихъ свойства; то есть, если какое-нибудь тѣло на солнцѣ будетъ испускать изъ себя тѣ же волны, какія распространяются отъ нѣкотораго тѣла на землѣ, то въ предѣлахъ наблюденія, позволившаго намъ установить фактъ тождественности волнъ, первое тѣло должно обнаруживать тѣ же химическія и физическія свойства, что и второе, — по дѣйствіямъ они отличаться другъ отъ друга не должны.

Сказанное можно приложить отъ слова до слова къ цѣлому ряду химическихъ веществъ, линіи которыхъ были найдены въ солнечномъ спектрѣ. Такимъ путемъ удалось установить на солнцѣ существованіе почти всѣхъ земныхъ ве-

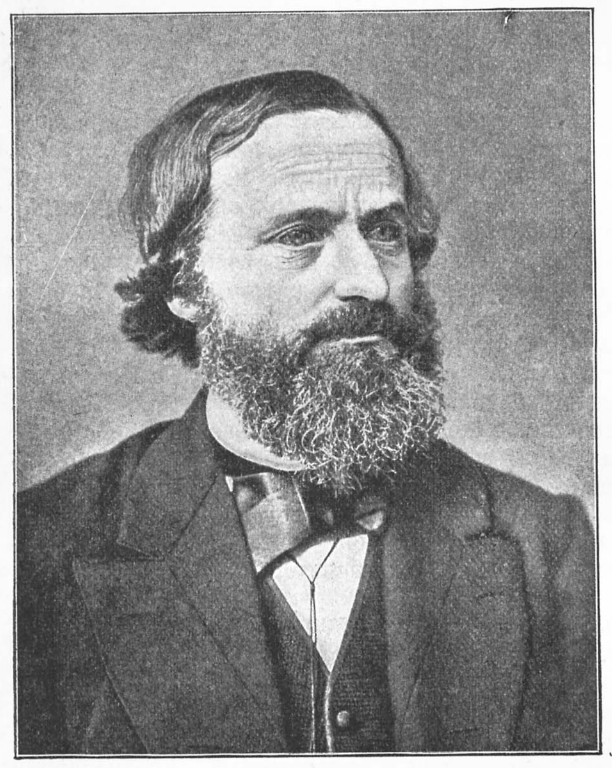
ществъ; что же касается тѣхъ веществъ, которыхъ мы тамъ не находимъ, то есть основаніе думать, что они просто ускользаютъ отъ нашего наблюденія. Болѣе подробно можно прочесть объ этомъ въ нашемъ сочиненіи „Мірозданіе", на стр. 298 и далѣе, а въ другихъ мѣстахъ того же сочиненія имѣется описаніе результатовъ спектральныхъ изслѣдованій неба, о которыхъ тутъ мы можемъ говорить лишь въ самыхъ общихъ чертахъ. Въ отдѣлѣ по химіи мы разберемъ примѣненіе спектральнаго анализа къ этой области.



Г. Р. Кирхгофъ. Изъ „19-го столѣтія въ картинахъ" См. текстъ, стр. 234.

Космологу, который представляетъ себѣ, что солнце, земля и всѣ прочія тѣла нашей планетной системы возникли изъ одной общей первичной туманности, не покажется удивительнымъ, что въ составъ центральнаго нашего свѣтила входятъ какъ разъ тѣ же вещества, что и въ нашъ земной шаръ; мало того, обоснованіе этого факта надо прямо признать однимъ изъ наиболѣе величавыхъ пріобрѣтеній точнаго знанія. Но спектроскопъ не только показываетъ, что эти вещества на солнцѣ имѣются, онъ говоритъ, что они находятся тамъ въ газообразномъ состояніи и окружаютъ собой, на подобіе атмосферы, ядро, которое нагрѣто еще больше своей оболочки. Уже отсюда мы можемъ составить себѣ поверхностное понятіе о температурѣ солнца; мы видимъ, что въ этой, сравнительно болѣе холодной оболочкѣ находятся въ формѣ газа такія вещества, какъ желѣзо и другіе металлы; а между тѣмъ у насъ на землѣ обратить ихъ въ паръ удается лишь отчасти и притомъ при примѣненіи наиболѣе высокихъ изъ получающихся у насъ температуръ, напримѣръ въ пламени вольтовой дуги. Благодаря тому, что степень раскаленности ядра и давленіе облегающихъ его слоевъ газа велики, сплошной спектръ, находящійся за фраунгоферовыми линіями, можетъ получиться и въ томъ случаѣ, когда это ядро само газообразно. Въ настоящее время нѣкоторыя другія соображенія заставляютъ насъ склониться къ тому мнѣнію, что солнце еще совершенно газообразно.

Если трубу спектроскопа направить на край солнечнаго диска такъ, чтобы въ щель инструмента попадали лучи, исходящіе изъ газообразной оболочки, а не изъ самаго свѣтящагося тѣла, то получится, какъ того и можно было ожидать, спектръ лучеиспусканія, состоящій изъ однѣхъ свѣтлыхъ линій. Въ томъ мѣстѣ спектра, которое соотвѣтствуетъ длинѣ волны въ 531,7, находится одна изъ такихъ свѣтлыхъ линій; соотвѣтственной ей мы не находимъ ни среди линій поглощенія въ спектрѣ самого солнца, ни среди линій, характерныхъ для извѣстныхъ намъ на землѣ веществъ. Намъ предстоитъ открыть новое вещество, какъ открытъ уже гелій. Но такъ какъ это понынѣ еще таинственное вещество находится лишь на самомъ верху солнечной атмосферы, которую называютъ солнечной короной, то пока ему дано имя короній. Во всякомъ случаѣ, это вещество отличается необычайно малымъ удѣльнымъ вѣсомъ: на землѣ мы не находимъ соот-



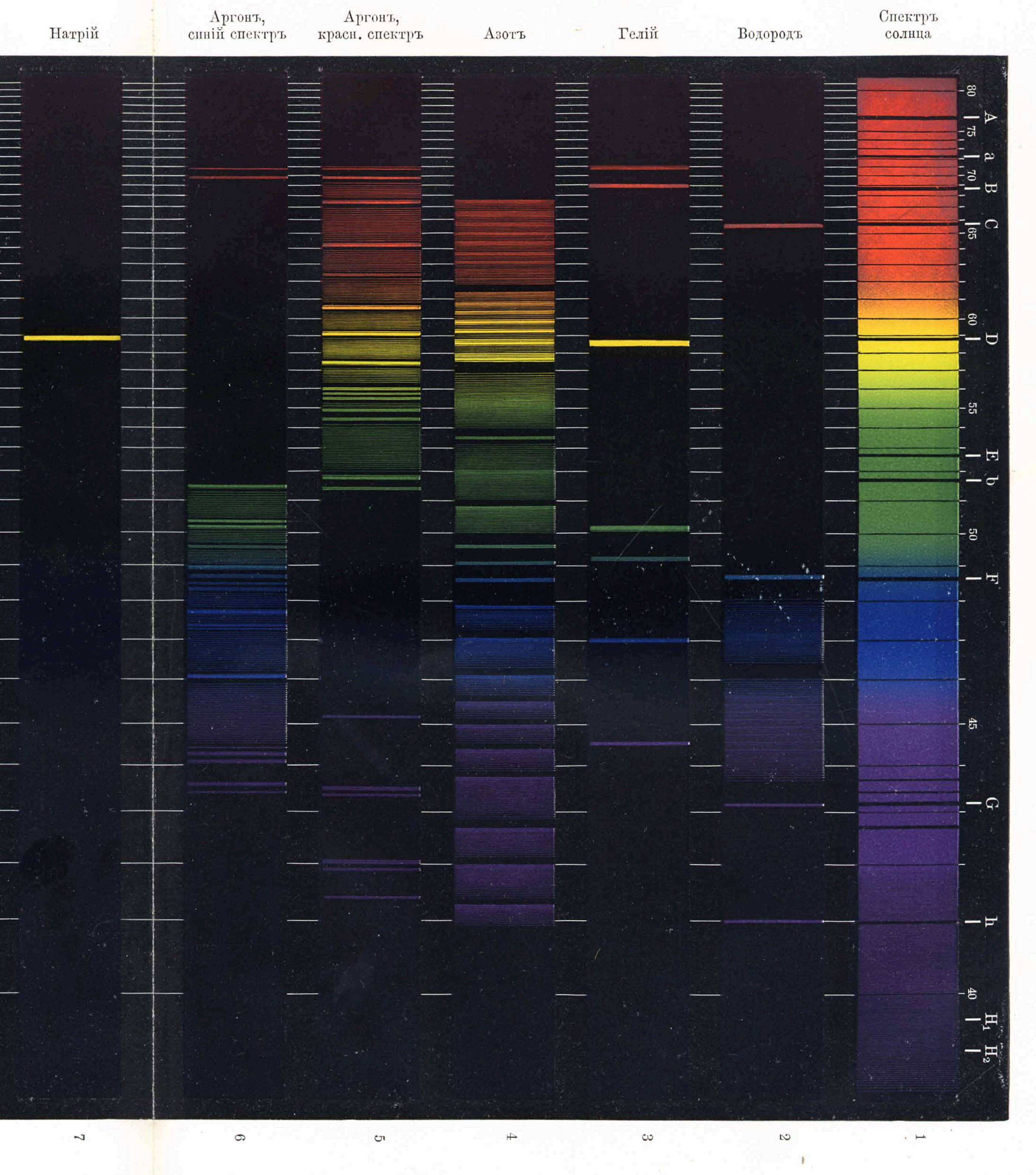
Г. Р. Кирхгофъ. Изъ „19-го столѣтія въ картинахъ"
См. текстъ, стр. 234.

Спектры разныхъ элементовъ и небесныхъ тѣлъ.

12	11	10	9	8	7	6
Спектръ туманнаго пятна	Барій	Кальцій	Рубидій	Калій	Натрій	Аргонъ, синій спектръ

80 A 75 a 70 B C 65 60 D 55 E b 50 F 45 G h 40 H_1 H_2

Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.


Натрій
Аргонъ, синій спектръ
Аргонъ, красн. спектръ
Азотъ
Гелій
Водородъ
Спектръ солнца
80
A
75
a
70
B
C
65
60
D
55
E
b
50
F
45
G
h
40
H1
H2
7
6
5
4
3
2
1

вѣтствующаго ему вещества. Въ послѣднее время, какъ предполагаютъ, въ нашей атмосферѣ открыты слѣды этого газа, какъ раньше гелія.

Если мы, переводя спектроскопъ, приближаемся къ краю солнечнаго диска, то иногда мы замѣчаемъ, что водородныя линіи внезапно пріобрѣтаютъ особенную яркость. Явленіе это продолжается часто лишь нѣсколько минутъ, иногда нѣсколько часовъ, но затѣмъ непремѣнно прекращается. Въ этихъ случаяхъ, какъ можно показать, на солнцѣ происходятъ колоссальныя изверженія раскаленныхъ газовъ; до изобрѣтенія спектроскопа наблюдать ихъ можно было лишь въ рѣдкіе моменты полныхъ солнечныхъ затменій, когда они вылетали изъ-за темнаго солнечнаго диска, въ видѣ огромныхъ красныхъ огненныхъ языковъ (протуберансовъ). Теперь, при помощи спектроскопа, эти процессы можно изучать точнѣйшимъ образомъ ежедневно.


Р. В. Бунзенъ. Изъ „19-го столѣтія въ картинахъ". См. текстъ, стр. 234.

Но самымъ удивительнымъ изъ результатовъ, добытыхъ при посредствѣ этого чудеснаго инструмента, является доказательство почти совершенной тождественности состава многихъ тысячъ звѣздъ и солнца. Различіе въ оттѣнкахъ звѣзднаго свѣта мы замѣчаемъ уже невооруженнымъ глазомъ. Оставалось предположить, что наивысшей температурой отличаются звѣзды синеватыя и бѣлыя, что красныя представляютъ собой звѣзды потухающія, а желтыя стоятъ на рубежѣ между этими двумя классами. Спектроскопическое изслѣдованіе ихъ свѣта это предположеніе подтвердило. Спектры весьма многихъ желтоватыхъ звѣздъ почти точь-въ-точь такіе же, какъ спектръ солнца: это прямо доказываетъ существованіе звѣздъ-близнецовъ изъ одной и той же плоти и крови. Солнце представляетъ изъ себя желтоватую звѣзду въ средней стадіи своего развитія, что показать намъ можетъ лишь одинъ спектроскопъ. Главнымъ представителемъ голубоватыхъ и бѣлыхъ звѣздъ является красивая звѣзда Сиріусъ. Въ спектрахъ этого класса линіи поглощенія металловъ еле-еле замѣтны; ихъ покрываютъ очевидно болѣе сильные лучи непрерывнаго спектра, получающагося отъ еще весьма горячаго ядра, которое посылаетъ лучи по преимуществу небольшой длины волны, какъ того требуетъ его высокая температура. Красныя звѣзды (по спектру) третьяго класса, кромѣ темныхъ линій въ фіолетовой части спектра, имѣютъ еще темныя полосы, что объясняется дѣйствіемъ нашей земной атмосферы. Стало быть у этихъ звѣздъ большія, сравнительно холодныя, атмосферы.

Разсматривая въ спектроскопъ звѣзды, мы къ удивленію своему находимъ, что нѣкоторая небольшая часть спектровъ, противно общему правилу, составляютъ



Р. В. Бунзенъ. Изъ „19-го столѣтія въ картинахъ“. См. текстъ, стр. 234.

не спектры поглощенія, а спектры линейчатые. Стало быть, это не звѣзды въ обычномъ смыслѣ слова, а массы раскаленнаго газа, которыя не достаточно сгустились для того, чтобы внутренняя часть ихъ могла дать спектръ сплошной. Это тѣ газообразныя туманности, природы которыхъ мы не можемъ разобрать въ телескопы лишь потому, что онѣ слишкомъ далеки отъ насъ и представляются намъ не имѣющими протяженій. Съ другой стороны, на небѣ мы видимъ множество причудливыхъ скопленій матеріи, въ которыхъ мы тотчасъ распознаемъ туманность, а спектроскопъ показываетъ, что онѣ состоятъ изъ газовъ. Ихъ спектръ состоитъ изъ небольшого числа яркихъ линій, одна изъ которыхъ не отвѣчаетъ ни одному изъ извѣстныхъ на землѣ веществъ. Вещество здѣсь находится на первичной и самой простой стадіи своего развитія и, повидимому, молекулярное строеніе его настолько просто, что въ такомъ видѣ у насъ уже встрѣчаться не можетъ (см. таблицу спектровъ, стр. 230),

Другія образованія на небесномъ сводѣ, которыя выглядятъ совершенно какъ туманности, при изслѣдованіи спектроскопомъ, какъ оказывается, состоятъ изъ неизмѣримо большого числа уже сформировавшихся звѣздъ; только благодаря огромнымъ разстояніямъ, отдѣляющимъ ихъ отъ насъ, эти звѣзды не представляются намъ отдѣльно, а въ видѣ сплошного мерцанія на занимаемомъ ими мѣстѣ. Словомъ, спектроскопъ раскрываетъ предъ нами удивительные горизонты какъ при изслѣдованіи строенія вещества, такъ и при изученіи его свойствъ, ширящіеся вплоть до затерянныхъ въ отдаленіи глубинъ міросзданія.

Для физика особый интересъ представляетъ еще одно важное открытіе въ области спектральнаго анализа небесныхъ явленій, которое даетъ намъ новое несомнѣнное доказательство волнообразной природы свѣта. Мы уже разсмотрѣли теоретически и обслѣдовали опытно кажущееся повышеніе тона при приближеніи къ его источнику и пониженіе его, когда мы движемся въ обратномъ направленіи. По разницѣ въ высотѣ тоновъ, которые слышались при приближеніи и удаленіи, мы даже могли точно вычислить скорость движенія (стр 137). Объясняется это явленіе просто тѣмъ, что при приближеніи уха къ источнику звука, въ него попадаетъ больше звуковыхъ волнъ, чѣмъ тогда, когда мы стоимъ на мѣстѣ. Но такъ какъ свѣтъ представляетъ собой также волнообразное движеніе, то при движеніи его источника произойдетъ точно такое же измѣненіе высоты свѣтового тона; величину этого измѣненія мы вычислимъ по формулѣ, которая, какъ показали изслѣдованныя нами звуковыя явленія, вполнѣ отвѣчаетъ тому, что наблюдается. Если мы назовемъ длину волны, посылаемой источникомъ свѣта, находящимся въ покоѣ, черезъ w_1, а длину волны, посылаемой источникомъ движущимся, черезъ w_2, если s — проходимый имъ путь, а v — скорость распространенія свѣта, то мы получимъ, что $w_2 = w_1 + w_1\frac{s}{v}$. Такимъ образомъ, измѣненіе длины волны, вообще говоря, зависитъ отъ отношенія скорости перемѣщенія источника свѣта къ скорости распространенія свѣта. Но такъ какъ послѣдняя скорость очень велика, а именно равна 300,000 км. въ секунду, то при тѣхъ скоростяхъ, съ какими мы имѣемъ дѣло на землѣ, нельзя ожидать, чтобы спектроскопъ могъ обнаружить какое-нибудь измѣненіе длины волны. Иначе будетъ обстоять дѣло, когда мы перейдемъ къ скоростямъ небесныхъ свѣтилъ. При обращеніи вокругъ солнца движущаяся земля достигаетъ скорости около 30 км. въ секунду. Въ извѣстное время она, скажемъ, приближается въ каждую секунду на этотъ кусокъ къ звѣздѣ, принимаемой нами за неподвижную; зато, полъ года спустя, когда она будетъ находиться на другой половинѣ своей орбиты, она будетъ удаляться отъ этой звѣзды ровно на столько же километровъ. Такимъ образомъ, въ теченіе полугода волны свѣта, исходящаго изъ этой звѣзды, претерпѣваютъ такія измѣненія длинъ, что крайнія предѣльныя величины ихъ находятся въ отношеніи 60 къ 300000 или 1 къ 5000. Для длины волны въ 589 $\mu\mu$., соотвѣтствующей линіи натрія, это составляетъ около 0,1 $\mu\mu$., а это — величина вполнѣ измѣримая. Разстояніе между обѣими линіями натрія равно длинѣ въ шесть разъ большей. На рисункѣ на стр. 240 изображена смежная съ этими линіями

часть солнечнаго спектра (по Толлону). Разстояніе между первой линіей натрія, стоящей въ этомъ спектрѣ подъ 1,08 (по масштабу), и находящейся вправо отъ нея тонкой двойной линіей (подъ 2,2) соотвѣтствуетъ величинѣ смѣщенія, о которомъ мы выше говорили.

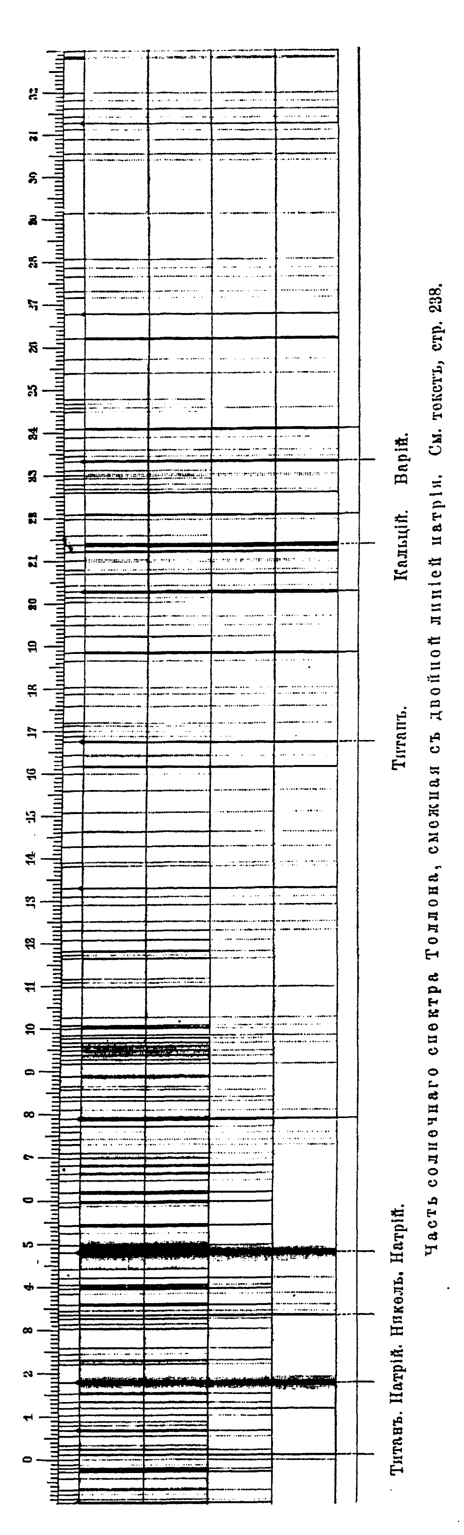
Но что же мы видимъ въ спектрѣ при такихъ измѣненіяхъ длинъ волнъ? Волна той или другой длины вызываетъ у насъ въ глазу опредѣленное цвѣтовое впечатлѣніе, а потому увеличеніе числа колебаній при движеніи источника свѣта скажется въ томъ, что желтая линія позеленѣетъ, зеленая станетъ синѣе. Одновременно съ этимъ будетъ измѣняться и находящійся за этими линіями сплошной спектръ. Тепловые лучи, доселѣ невидимые, передвигаются въ видимую часть спектра, при обычныхъ условіяхъ воспринимаемые глазомъ лучи на фіолетовомъ концѣ становятся лучами ультра-фіолетовыми. Такимъ образомъ при приближеніи весь спектръ перемѣстится по направленію къ фіолетовымъ лучамъ, при удаленіи обратно къ лучамъ краснымъ. Вотъ почему въ спектрѣ мы не замѣчаемъ никакихъ измѣненій. Если теперь на этотъ перемѣщающійся спектръ наложить спектръ отъ источника свѣта, находящагося въ покоѣ, напримѣръ, спектръ пламени натрія, то получающіяся отъ пламени линіи уже не будутъ составлять продолженія другихъ линій, онѣ смѣстятся въ связи съ движеніемъ источника свѣта на извѣстную величину, которую можно вычислить по формулѣ, и скорость движенія источника свѣта, такимъ образомъ, нами найдена можетъ быть въ километрахъ въ секунду. Такъ какъ величину смѣщенія мы обыкновенно опредѣляемъ въ доляхъ длины волны, то можно, минуя всякаго рода единицы, измѣрить ее въ доляхъ разстоянія между двумя линіями, длины волнъ которыхъ намъ извѣстны, напримѣръ въ доляхъ разстоянія между двумя линіями натрія. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ измѣреніе можетъ быть выполнено еще точнѣе при помощи такъ называемаго реверсіоннаго спектроскопа, изобрѣтеннаго Целльнеромъ; въ этомъ приборѣ накладываются другъ на друга два спектра отъ одного и того же объекта, причемъ тамъ, гдѣ находится фіолетовый конецъ одного, лежитъ красный конецъ другого. Благодаря этому, смѣщеніе обѣихъ, наложенныхъ другъ на друга системъ линій удваивается.

Сказаннаго достаточно, чтобы понять важность роли, какую сыгралъ въ изслѣдованіи неба этотъ принципъ смѣщенія линій, такъ называемый принципъ Допплера-Физо. Онъ позволяетъ измѣрить скорость движенія свѣтилъ, направляющихся прямо на насъ или уносящихся прямо отъ насъ, то есть свѣтилъ, перемѣщающихся по линіи зрѣнія; другимъ путемъ этихъ движеній открыть нельзя; они совершенно ускользаютъ отъ наиболѣе сильныхъ нашихъ телескоповъ Кромѣ того, этотъ спектроскопическій методъ позволяетъ выразить эти движенія, хотя бы они происходили на совершенно неизвѣстномъ намъ разстояніи, прямо въ привычной намъ мѣрѣ, въ километрахъ въ секунду; телескопическій же пріемъ измѣренія слагающихъ движенія, перпендикулярныхъ къ линіи зрѣнія, даетъ намъ лишь такія величины, которыя могутъ быть переведены въ наши общепринятыя единицы при посредствѣ опредѣленнаго раньше разстоянія между нами и наблюдаемымъ свѣтиломъ, и только тогда можно будетъ непосредственно сравнить результатъ наблюденія съ другими движеніями.

Мы понимаемъ, что приняты всѣ зависящія отъ насъ мѣры, чтобы придать инструментамъ, позволяющимъ осуществить примѣненіе этого новаго принципа къ измѣренію движенія, наивысшую степень совершенства, мы понимаемъ и то, что фотографія, запечатлѣвающая ультра-фіолетовую часть спектра, должна оказывать здѣсь большія услуги. На стр. 242 помѣщенъ рисунокъ находящагося въ астрофизической потсдамской обсерваторіи спектрографа, который служитъ для этихъ цѣлей; его прилаживаютъ къ большому рефрактору А.

Что же касается результатовъ, добытыхъ по этому методу, мы можемъ привести здѣсь лишь слѣдующія бѣглыя свѣдѣнія.

Найдено, что неподвижныя звѣзды обладаютъ значительными собственными движеніями, угловыя величины которыхъ опредѣлялись уже не разъ. Такъ Сиріусъ каждую секунду приближается къ намъ на 75 км., а Вега, наоборотъ,



Часть солнечнаго спектра Торлона, смежная съ двойной линіей натрія. См. текстъ, стр. 238.

удаляется отъ насъ на 80 км. При наблюденіи нѣкоторыхъ звѣздъ подмѣтили слѣдующій интересный фактъ: спектральныя линіи ихъ періодически то удваиваются, то снова представляются простыми. Объяснить это можно лишь тѣмъ, что двѣ звѣзды находятся столь близко другъ къ другу, что разсмотрѣть каждую отдѣльно въ телескопъ уже невозможно, и что эти звѣзды совершаютъ другъ около друга обращенія, на подобіе тѣхъ обращеній, которыя наблюдаются во многихъ парныхъ звѣздахъ уже непосредственно.

Въ извѣстное время одна изъ звѣздъ будетъ двигаться по направленію къ намъ, другая будетъ перемѣщаться по направленію отъ насъ. Каждая изъ нихъ дастъ свои спектральныя линіи, разстояніе между которыми будетъ равно величинѣ, опредѣляющей собой разницу между ихъ движеніями. Въ нѣкоторыхъ точкахъ ея орбиты движенія обѣихъ звѣздъ въ направленіи линіи зрѣнія будетъ одно и то же, а потому въ этомъ случаѣ спектральныя линіи совпадутъ. Свѣтопреломляющая призма раскроетъ предъ нами движенія по орбитамъ солнцъ, представляющихся намъ въ видѣ свѣтящихся точекъ. Чрезвычайно интересенъ воспроизведенный у насъ снимокъ спектра Сатурна съ его кольцами, сдѣланный Кеслеромъ. Только средняя часть S представляетъ собой этотъ спектръ; сверху и снизу для сравненія помѣщены рядомъ спектры луны. Собственно спектръ Сатурна въ свою очередь распадается на три части: среднюю часть *a* — спектръ самого ядра Сатурна, и *bb* — спектры двухъ частей кольца, справа и слѣва отъ ядра. Но такъ какъ свѣтъ, исходящій изъ всѣхъ этихъ частей Сатурна, и свѣтъ, исходящій изъ луны, представляетъ собой лишь отраженный солнечный свѣтъ, то во всѣхъ этихъ спектрахъ однѣ и тѣ же фраунгоферовы линіи. Но мы видимъ вполнѣ ясно, что въ спектрѣ Сатурна, по сравненію съ спектромъ луннымъ, онѣ идутъ наискось. Отсюда мы заключаемъ, что Сатурнъ и его кольца совершаютъ вокругъ линіи зрѣнія движеніе такого рода, что по одну сторону ея оно направлено отъ насъ, по другую совершается по направленію къ намъ; другими словами, Сатурнъ и его кольцо совершаютъ обращенія вокругъ нѣкоторой общей оси. Движеніе ядра можно прослѣдить непосредственно въ телескопъ, но это не удается съ кольцомъ, которое, какъ давно предполагали, состоитъ изъ отдѣльныхъ тѣлецъ, движущихся самостоятельно по законамъ Кеплера (см. стр. 49); теперь,

относительно этого характера строенія кольца у насъ не можетъ быть уже никакихъ сомнѣній.

h) Ахроматическія линзы и глазъ.

Мы уже видѣли, что бѣлый свѣтъ слагается изъ разноцвѣтныхъ лучей, которые обладаютъ всевозможными показателями преломленія; поэтому тѣ геометрическіе законы, которымъ слѣдуютъ изображенія объектовъ, получающіяся по прохожденіи лучей сквозь преломляющія тѣла, а, стало быть, сквозь оптическія стекла, имѣютъ силу лишь по отношенію къ опредѣленному монохроматическому свѣту. Такъ какъ красные лучи преломляются слабѣе фіолетовыхъ, то въ формулѣ (стр. 212), опредѣляющей разстояніе фокуса отъ оптической чечевицы, показатель преломленія n будетъ имѣть въ томъ и другомъ случаѣ неодинаковыя величины. Каждому цвѣту соотвѣтствуетъ свое особенное фокусное разстояніе, а такъ какъ увеличеніе зависитъ отъ размѣровъ фокуснаго разстоянія, то въ свѣтѣ различныхъ цвѣтовъ получаются и различной величины изображенія; при употребленіи обыкновенныхъ оптическихъ стеколъ, наибольшее изображеніе получается въ красномъ свѣтѣ (см. фигуры 3 и 4 на нашемъ прилож.: „Свѣторазсѣяніе въ призмахъ и оптическихъ стеклахъ). Такимъ образомъ, при разсматриваніи предметовъ въ это стекло, мы увидимъ на ихъ контурахъ, гдѣ выступающія другъ за друга цвѣтныя изображенія не могутъ слиться въ одно бѣлое, цвѣтныя полосы, обведенныя непремѣнно красной полосой. По той же причинѣ въ обыкновенныхъ линзахъ не получается совершенно рѣзкихъ изображеній бѣлыхъ предметовъ; при неодинаковыхъ размѣрахъ увеличеній для разныхъ цвѣтовъ всѣ тонкости картины обрисовываются одна на другой и размываются какъ подъ вліяніемъ сферической аберраціи; благодаря ей своимъ чередомъ на извѣстномъ разстояніи отъ линзы получаются неодинаковой величины изображенія въ зависимости отъ того, какіе тутъ участвуютъ лучи: центральные или тѣ, что ближе къ краю. Къ погрѣшностямъ оптическихъ стеколъ относится, стало быть, и эта хроматическая аберрація. Едва ли надо прибавлять, что въ зеркалахъ нѣтъ этого рода погрѣшности, такъ какъ при простомъ отраженіи свѣторазсѣянія не бываетъ. Стало быть, зеркальные телескопы будутъ въ то же время телескопами ахроматическими.

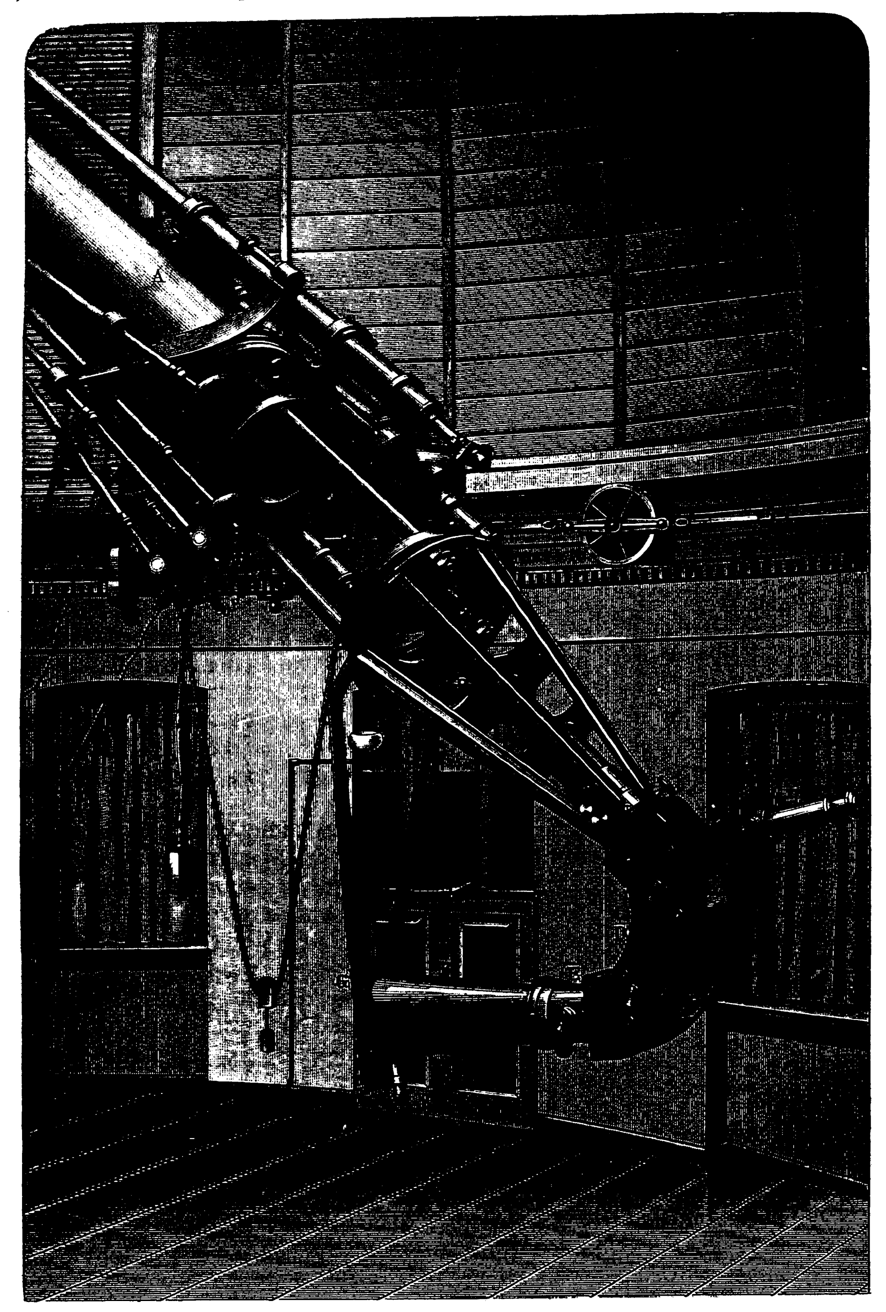
Совершенно иначе обстоитъ дѣло съ рефракторами, микроскопами и всѣми другими оптическими инструментами, въ которыхъ изображенія получаются черезъ преломленіе въ линзахъ. Вотъ почему изготовленіе ахроматическихъ инструментовъ этихъ видовъ было съ давнихъ поръ одной изъ важнѣйшихъ задачъ практической оптики. Благодаря ошибкѣ въ разсужденіи, Ньютонъ, проявлявшій во всемъ вообще, за что бы онъ ни брался, изумительную прозорливость, считалъ такую задачу неразрѣшимой. Вслѣдствіе этого, въ теченіе долгаго времени пользовались стеклами съ большими фокусными разстояніями, которыя, насколько это возможно, сводятъ дѣйствіе хроматической аберраціи, равно какъ и аберраціи сферической (см. стр. 200) почти на-нѣтъ. Лишь спустя пятьдесятъ лѣтъ послѣ ошибки Ньютона Доллондъ изобрѣлъ ахроматическій телескопъ, и съ этого момента открылась новая эра въ изслѣдованіи неба и микроскопическаго міра.

Задачу рѣшили благодаря тому, что узнали, что различныя прозрачныя вещества обладаютъ неодинаковой способностью преломленія (у насъ объ этомъ сказано на стр. 203). Каждое вещество не только обладаетъ своей особенной средней способностью преломленія, соотвѣтствующей приблизительно линіи E, находящейся въ зеленой части спектра, но въ то же время характеризуется величиной протяженія всего спектра, такъ называемой полной дисперсіей.

Вотъ числа, характеризующія нѣкоторыя изъ разсматриваемыхъ нами веществъ.

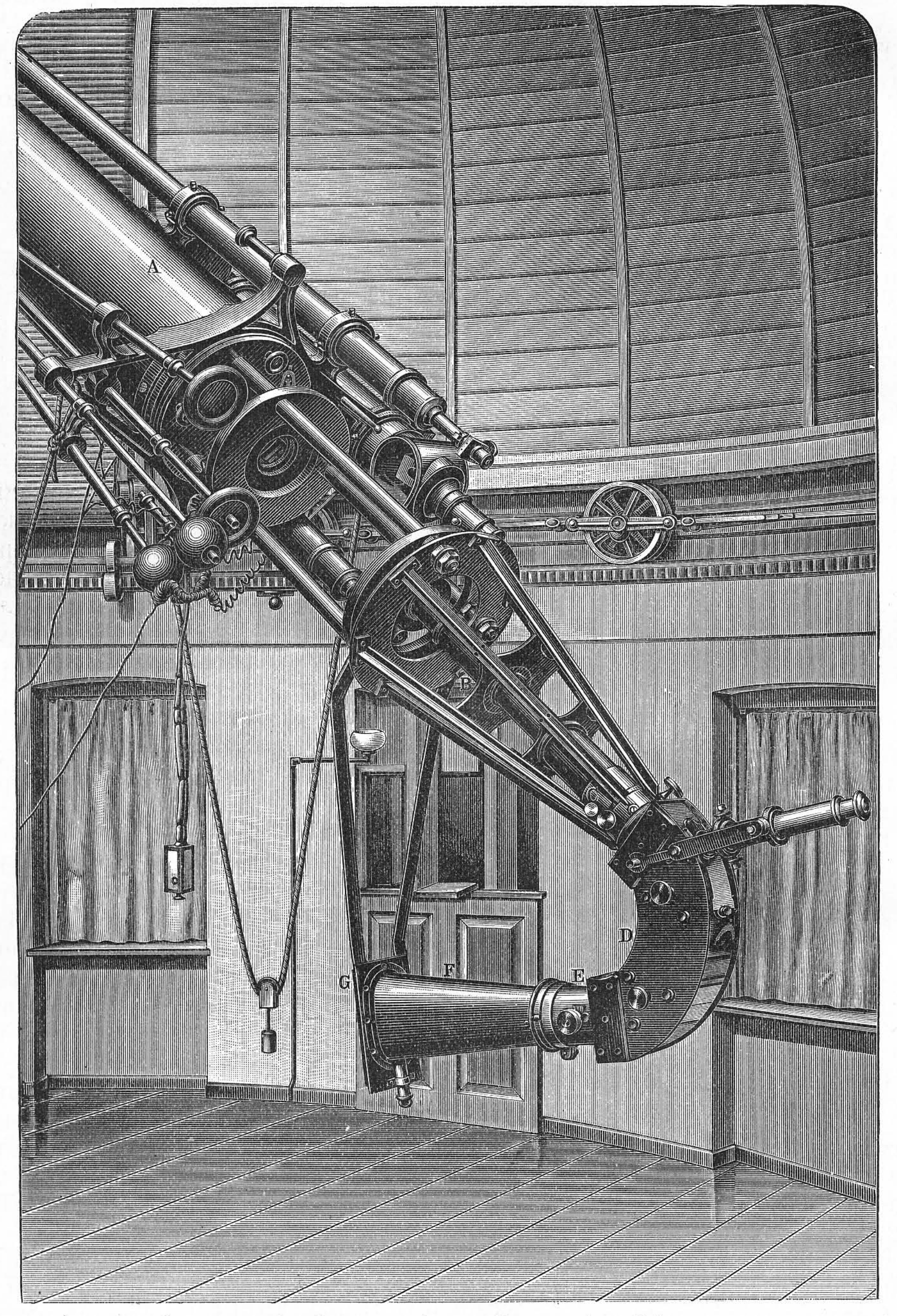
	n	$n_r - n_v$		n	$n_r - n_v$
Вода	1,335	0,015	Кронгласъ тяжелый	1,618	0,021
Алкоголь	1,366	0,015	Флинтгласъ легкій	1,615	0,042
Сѣрнистый углеродъ	1,644	0,091	„ „ тяжелый	1,762	0,076
Кронгласъ легкій	1,519	0,021	Каменная соль	1,550	0,031

Въ этой таблицѣ подъ буквой n помѣщены показатели преломленія для линіи E, а подъ $n_r - n_v$ разница между показателями преломленія на красномъ и



Спектрографъ астрофизической обсерваторіи въ Потсдамѣ. Свѣтовые лучи черезъ объективъ рефрактора A проходятъ въ коллиматоръ BC: отсюда черезъ щель, находящуюся въ C, они переходятъ въ ящикъ D; отразившись тамъ отъ помѣщенныхъ въ немъ призмъ, поступаютъ въ фотографическую камеру EF и кассетту G, гдѣ и фиксируются на свѣточувствительной пластинкѣ. См. текстъ, стр. 239.

фіолетовомъ концахъ спектра, то есть полная дисперсія. Эти числа показываютъ намъ, что, скажемъ, сѣрнистый углеродъ даетъ спектръ въ шесть разъ болѣе длинный, чѣмъ вода, если поочередно наполнить тѣмъ и другимъ веществомъ

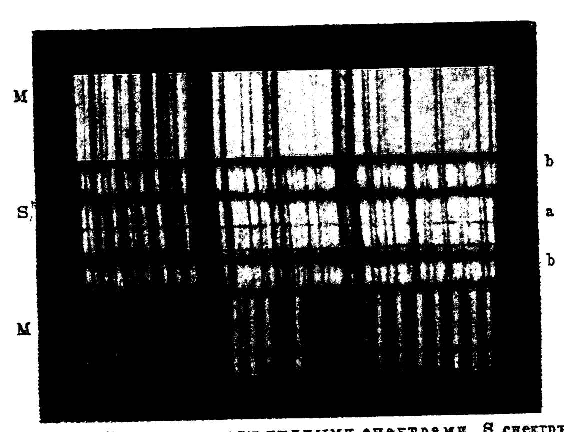


Спектрографъ астрофизической обсерваторіи въ Потсдамѣ. Свѣтовые лучи черезъ объективъ рефрактора A проходятъ въ коллиматоръ BC: отсюда черезъ щель, находящуюся въ C, они переходятъ въ ящикъ D; отразившись тамъ отъ помѣщенныхъ въ немъ призмъ, поступаютъ въ фотографическую камеру EF и кассету G, гдѣ и фиксируются на свѣточувствительной пластинкѣ. См. текстъ, стр. 239.

полый сосудъ, имѣющій видъ призмы; кромѣ того, мы находимъ, что какъ среднiе показатели преломленія четырехъ приведенныхъ у насъ сортовъ стекла, такъ и полныя ихъ дисперсіи далеко неодинаковы. Но этотъ то фактъ и позволяетъ намъ устранить вредное дѣйствіе хроматической аберраціи.

Выяснимъ себѣ эту мысль на сравнительно болѣе простомъ ходѣ лучей—въ призмѣ. Не надо доказывать, что свѣторазсѣяніе одной призмы всегда можетъ быть уничтожено дѣйствіемъ другой призмы.

Для этого берутъ точно такую же призму, какъ та, которая разсѣеваетъ свѣтъ и, повернувъ ее, прикладываютъ къ первой такъ, чтобы ребро одной смотрѣло вверхъ, другой—внизъ. При такой комбинаціи призмъ, имѣющихъ совершенно равные углы, поверхность, на которую падаетъ лучъ свѣта, и поверхность, изъ которой онъ выходитъ, будутъ параллельны; у насъ, стало быть, изъ двухъ призмъ образовалась плоскопараллельная пластинка, а при прохожденіи черезъ нее свѣта, какъ мы уже видѣли на стр. 208, выходящій лучъ параллеленъ лучу падающему. Стало быть, никакого разсѣянія цвѣтовъ тутъ быть не можетъ. Но эта комбинація при построеніи линзъ для оптическихъ цѣлей никакой пользы намъ принести не можетъ, потому что параллельные лучи изображеній не даютъ; для полученія изображенія необходимъ пучекъ сходящихся лучей, лучей преломленныхъ. Мы можемъ получить такого рода пучекъ и при помощи призмъ, но призмъ съ неравными углами (см. чертежъ 3 на нашемъ приложеніи, стр. 220).

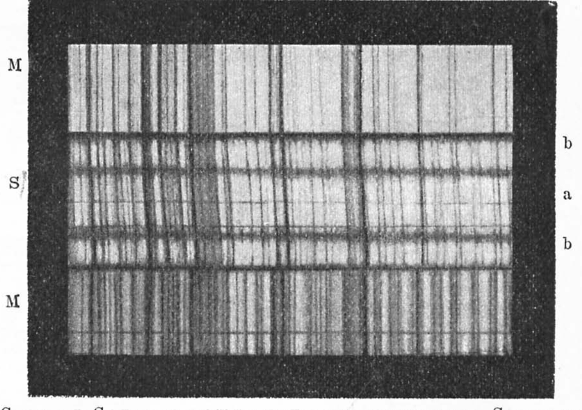


Спектръ Сатурна между лунными спектрами. S спектръ Сатурна (a спектръ ядра, bb спектръ кольца), MM лунный спектръ. См. текстъ, стр. 240.

Если, напримѣръ, уголъ второй призмы будетъ въ два раза меньше угла первой призмы, но зато вещество, изъ котораго эта призма сдѣлана, разсѣеваетъ свѣтъ въ два раза лучше того вещества, которое пошло на первую призму, то дѣйствія обѣихъ призмъ равны, но, въ силу ихъ положенія, другъ другу обратны: свѣторазсѣяніе исчезнетъ, но такъ какъ боковыя поверхности въ этой комбинаціи другъ другу непараллельны, то выходящіе лучи преломятся, будутъ нѣсколько наклонены къ первоначальному ихъ направленію. Изъ таблицы чиселъ, имѣющейся у насъ на стр. 241, мы видимъ, что этому условію удовлетворяютъ тяжелый кронгласъ и легкій флинтгласъ.

Но можно поставить себѣ обратную задачу: мы хотимъ теперь составить такую комбинацію, чтобы разсѣянные выходящіе лучи были въ среднемъ параллельны лучу падающему, и чтобы свѣторазсѣяніе оставалось. Тогда у насъ получится спектроскопъ, такъ называемый спектроскопъ à vision directe; который обладаетъ нѣкоторыми практическими удобствами (см. фигуру 4 приложенія, стр. 220).

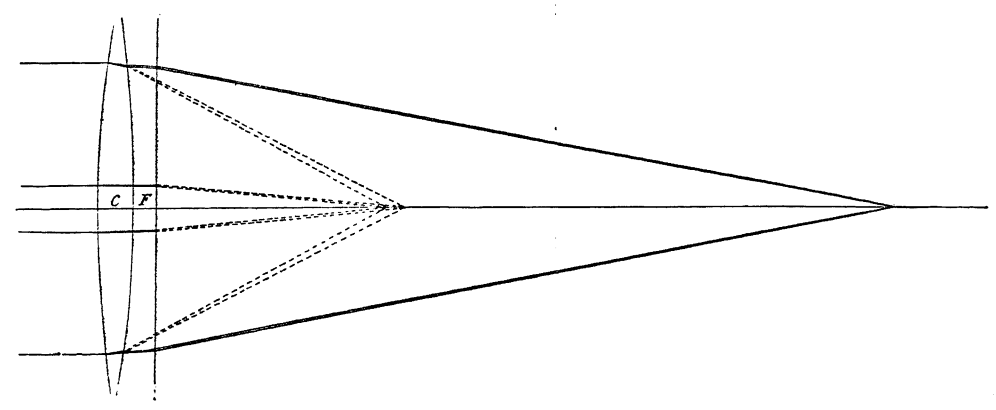
Свѣторазсѣяніе устраняютъ, подобно ахроматическимъ призмамъ, также комбинаціей двухъ линзъ, сдѣланныхъ изъ тѣхъ же, что и призмы, различныхъ сортовъ стекла: мы уже видѣли (стр. 211), что дѣйствіе линзъ слагается изъ дѣйствій безконечно-малыхъ призмъ. На фигурѣ 5 нашего приложенія (стр. 220) представленъ ходъ лучей въ двояковыпукломъ оптическомъ стеклѣ; мы замѣчаемъ, что здѣсь голубые лучи встрѣчаются въ точкѣ, лежащей гораздо ближе къ стеклу, чѣмъ лучи красные. На фигурѣ 6 изображена линза плосковыпуклая, сдѣланная изъ стекла, преломляющаго свѣтъ иначе, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ, сводящаго въ точку, лежащую ближе къ линзѣ, не голубые лучи, а красные. Если со-



Спектръ Сатурна между лунными спектрами. S спектръ Сатурна (а спектръ ядра, bb спектръ кольца), MM лунный спектръ.
См. текстъ, стр. 240.

единить, какъ у насъ на помѣщенномъ ниже чертежѣ, двѣ такихъ линзы, одну кронгласовую C, другую флинтгласовую F, въ одну ахроматическую систему, то можно достигнуть того, что всѣ лучи будутъ сходиться приблизительно въ одной и той же точкѣ.

Задачи практической оптики носятъ самый разнообразный характеръ. Далеко не всегда требуется свести всѣ цвѣта воедино и получить такимъ путемъ отъ бѣлаго предмета бѣлое изображеніе. Мы видѣли, что наиболѣе сильнымъ дѣйствіемъ на свѣточувствительныя пластинки обладаетъ голубая часть спектра. Поэтому фотографическій объективъ долженъ сводить въ одну точку, по преимуществу, эти сорта лучей, такъ называемые актиническіе лучи. Благодаря этимъ требованіямъ, а въ особенности тому обстоятельству, что комбинаціи оптическихъ линзъ, устраняющихъ свѣторазсѣяніе, изготовленныхъ обыкновенно изъ сортовъ стекла не особенно сложной структуры, увеличиваютъ сферическую аберрацію, задача



Сведеніе лучей ахроматической комбинаціей линзъ въ одну точку. См. текстъ выше

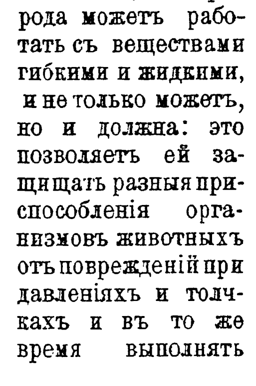
установленія наилучшей комбинаціи преломляющихъ поверхностей очень усложняется и можетъ быть разрѣшена лишь при посредствѣ математическаго анализа. Въ современныхъ объективахъ уже не удовлетворяются прежними тремя призмами, а вводятъ еще одну такую же или иного типа систему. Двойные анастигматы Герца, коллинеары Фохтлендера, анастигматы Цейсса и телеобъективы Штейнгейля (см. рисунки на стр. 245), — вотъ тѣ типы оптическихъ комбинацій, которыя имѣютъ въ фотографіи большое значеніе. Здѣсь, стало быть, приходится имѣть дѣло съ двѣнадцатью, а иногда и большимъ числомъ преломляющихъ поверхностей, дѣйствія которыхъ и должны быть изучены. Той же тщательности вычисленій требуютъ въ астрономическихъ трубахъ, конечно, и окуляры.

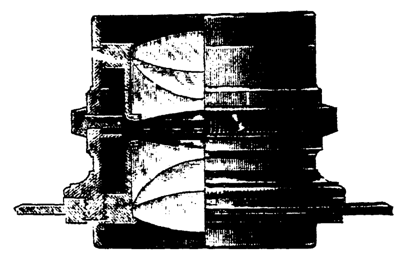
Для того, чтобы удовлетворить всѣмъ этимъ требованіямъ, надо было сначала имѣть въ распоряженіи много сортовъ стекла съ самыми разнообразными показателями преломленія. Но еще въ самое недавнее время полученіе такихъ сортовъ стекла представляло большія техническія трудности. Раньше имѣлось всего два сорта стекла, получившихъ впервые у англичанъ названіе крона и флинта. Первый сортъ имѣетъ меньшій удѣльный вѣсъ: кронъ получается изъ соединенія щелочей съ кремнекислотой, стало быть, это щелочное стекло; напротивъ того, флинтгласъ содержитъ свинцовыя соли и потому это стекло тяжелое.

Удѣльные вѣса связаны самымъ тѣснымъ образомъ съ показателями преломленій; мы это видѣли на стр. 209. Нѣсколько лѣтъ тому назадъ въ институтѣ стеклодѣлія Шотта и Геноссена въ Іенѣ, основанномъ при содѣйствіи прусскаго правительства, былъ изготовленъ по извѣстному плану и системѣ рядъ всевозможныхъ стекляныхъ флюсовъ и съ тѣхъ поръ въ распоряженіи оптиковъ-техниковъ имѣется необычайно богатый выборъ оптическихъ стеколъ, съ самыми разнообразными показателями преломленія, съ самыми разнообразными дисперсіями. Разумѣется, это сослужило большую службу многимъ и многимъ отраслямъ знанія.

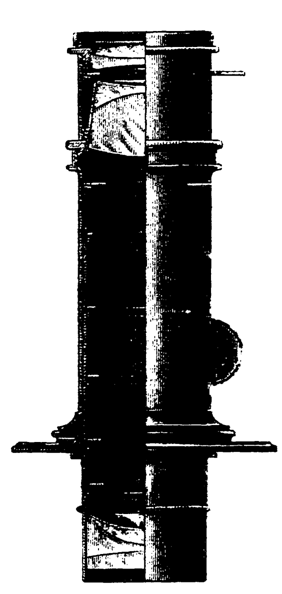
f) Человѣческій глазъ.

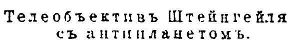
Мы ознакомились съ законами, на основаніи которыхъ можно устранять свѣторазсѣяніе; теперь мы можемъ подробнѣе разсмотрѣть и свойства человѣческаго глаза, какъ оптическаго инструмента. Въ оптическомъ отношеніи, глазъ, какъ мы знаемъ, совершенно схожъ съ фотографической камерой. Свѣточувствительная сѣтчатка играетъ въ глазу роль фотографической пластинки, а воспринимаемое ею изображеніе производится хрусталикомъ, хроматическую аберрацію котораго уничтожаютъ окружающія его, разно преломляющія свѣтъ вещества. Но въ частностяхъ строеніе глаза отличается отъ нашихъ оптическихъ инструментовъ существеннымъ образомъ. Причина этого лежитъ въ томъ обстоятельствѣ, что природа можетъ работать съ веществами гибкими и жидкими, и не только можетъ, но и должна: это позволяетъ ей защищать разныя приспособленія организмовъ животныхъ отъ поврежденій при давленіяхъ и толчкахъ и въ то же время выполнять



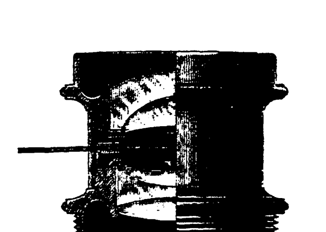


Коллинеаръ Фохтлендера.

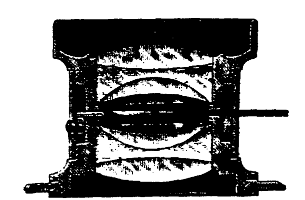




Телеобъективъ Штейнгейля съ антипланетомъ.

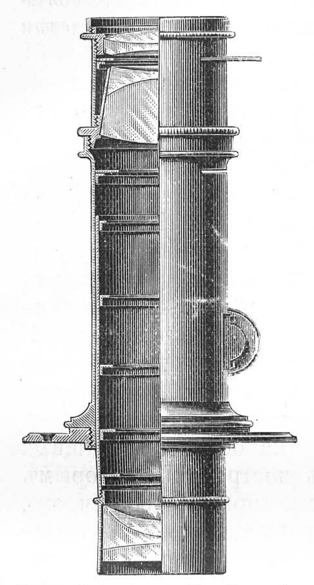


Анастигматъ Цейсса.

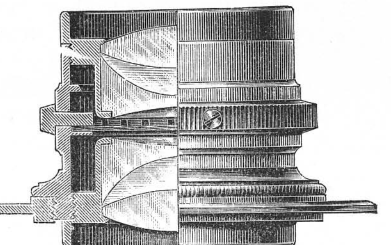


Двойной анастигматъ Герца.

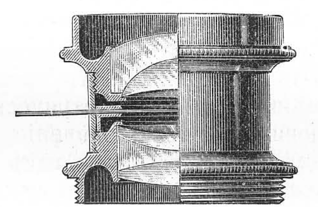
необходимый процессъ обмѣна веществъ. Такимъ образомъ, линза, имѣющаяся въ глазу (на нашей схемѣ, стр. 240, L), представляетъ изъ себя не твердое тѣло съ поверхностями неизмѣнной кривизны, но состоитъ изъ прозрачной и гибкой массы, поверхности которой могутъ пріобрѣтать ту или другую кривизну. Эта линза, хрусталикъ, лежитъ между двумя отдѣленными другъ отъ друга глазными камерами I и II, въ которыхъ имѣются жидкости, обладающія неодинаковыми показателями преломленія. Передняя глазная камера снаружи ограничена роговицей, которая, какъ показываетъ само названіе, состоитъ изъ роговистаго, обладающаго достаточной сопротивляемостью вещества, и защищаетъ глазъ, на манеръ часового стекла, отъ проникновенія въ него постороннихъ тѣлъ. Между ней и наружной поверхностью хрусталика находится прозрачная водянистая жидкость; показатель преломленія этой жидкости на смежныхъ съ роговицей мѣстахъ, то есть въ a, равенъ 1,346. Разстояніе между роговицей и наружной поверхностью хрусталика (a—b), если считать по глазной оси, при установкѣ частей глаза на очень отдаленный предметъ, равно, при нормальныхъ условіяхъ, 3,78 мм. Непосредственно къ первой поверхности прилегаетъ радужная оболочка, которая исполняетъ здѣсь роль діафрагмы-Ирисъ нашихъ фотографическихъ аппаратовъ. При измѣненіи количества свѣта, попадающаго въ глазъ, она, для установленія равновѣсія въ его дѣйствіяхъ, измѣняетъ размѣры оптическаго отверстія глаза. Зрачекъ этотъ можетъ расширяясь увеличиться съ 2 мм. до 5 мм. Показатель преломленія на границѣ между передней глазной камерой и хрусталикомъ, въ b, равенъ 1,080. За



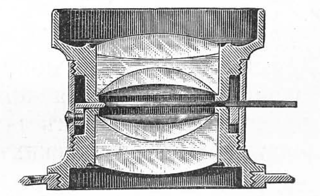
Телеобъективъ Штейнгейля
съ антипланетомъ.



Коллинеаръ Фохтлендера.

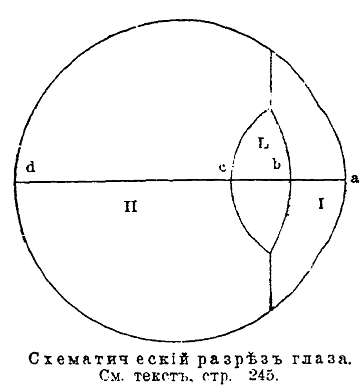


настигматъ Цейсса.



Двойной анастигматъ Герца.

этой линзой въ собственно глазной впадинѣ II лежитъ **стекловидное тѣло**; оно столь же прозрачно и эластично, какъ и сама линза. На границѣ этихъ двухъ тѣлъ, въ c, показатель преломленія равенъ 0,926. Діаметръ хрусталика, считая по оптической оси, то есть толщина его, равенъ 4 мм., путь отъ внутренней поверхности линзы къ сѣтчаткѣ (c—d)=14,43 мм., а все глазное яблоко отъ роговицы до сѣтчатки вглубь имѣетъ до 22,21 мм. Стало быть, въ глазу есть три преломляющихъ поверхности: поверхность роговицы и двѣ поверхности хрусталика. Вотъ величины радіусовъ этихъ шаровыхъ поверхностей: радіусъ роговицы 7,8 мм., наружной поверхности хрусталика 9,51, внутренней поверхности его 5,87. Итакъ, внутрь хрусталикъ искривленъ гораздо сильнѣе, чѣмъ въ сторону роговицы; зато показатель преломленія на внутренней поверхности, какъ это должно быть по нашимъ даннымъ о способахъ устраненія хроматической аберраціи, меньше показателя преломленія на внѣшней.



Схематическій разрѣзъ глаза. См. текстъ, стр. 245.

Отсюда мы видимъ, что разница между оптической системой, имѣющейся у насъ въ глазу, и инструментами, воспроизводимыми нами по образцу этого деликатнѣйшаго органа, состоитъ, главн. образ., въ неоднородности преломляющихъ средъ передъ и за поверхностями, дающими изображеніе. По обѣ стороны объектива находится воздухъ; въ глазу лучъ, попадающій изъ воздуха, послѣдовательно проходитъ черезъ три различно преломляющихъ вещества и не попадаетъ обратно въ воздухъ, дойдя до поверхности, на которой получаются изображенія, т. е. до сѣтчатки. Вслѣдствіе этого оптическія зависимости, опредѣляющія положеніе фокуса въ глазу, будутъ уже не тѣ, что найдены нами для объективовъ. Новыя зависимости могутъ быть выведены, какъ прежнія, на основаніи общихъ законовъ преломленія при помощи чисто геометрическихъ построеній, которымъ мы можемъ придавать тутъ ровно такое же значеніе, какъ при построеніи изображеній въ оптическихъ стеклахъ. Вотъ что у насъ получится.

На схематическомъ чертежѣ, помѣщенномъ на стр. 247, четыре различн. оптическихъ среды отдѣлены другъ отъ друга прямыми линіями. A—это пространство предъ глазомъ, наполненное воздухомъ, W—мѣсто водянистой жидкости позади роговой оболочки, L представляетъ собой хрусталикъ, а *U*—стекловидное тѣло въ глазной впадинѣ. O, O_1 и O_2—это тѣ точки, въ которыхъ глазная ось встрѣчаетъ преломляющія поверхности; f и f_2—фокусы этой оптической системы.

Оказывается, что двѣ плоскости, пересѣкающія ось системы подъ прямыми углами (у насъ онѣ обозначены буквами h_1 и h_2), такъ называемыя **главныя плоскости**, обладаютъ такого рода геометрическими свойствами, которыя позволяютъ внести упрощенія въ наши изслѣдованія глаза. Первая изъ этихъ плоскостей пересѣкаетъ ось на разстояніи 1,93 мм. отъ *O*; вторая отдѣлена отъ первой небольшимъ просвѣтомъ, всего въ 0,40 мм.

Лучи распространяются въ глазу такъ, какъ если бъ этого промежутка между обѣими главными плоскостями вовсе не существовало; они какъ бы перескакиваютъ черезъ этотъ просвѣтъ. Если на этихъ плоскостяхъ взять двѣ точки i_1 и i_2, то параллельный оси лучъ, проходящій черезъ i_1, претерпитъ преломленіе лишь въ i_2 и, выйдя изъ этой точки, направится непремѣнно въ f_2 въ фокусъ. Наоборотъ, лучъ, выходящій изъ перваго фокуса f_1 и попадающій въ i_1 выйдетъ изъ i_2 по направленію, параллельному оси. Если мы прибавимъ еще, что разстояніе перваго фокуса f_1 отъ h_1 равно 14,77 мм., а разстояніе второго f_2 отъ h_2 — 19,88 мм., то у насъ будутъ имѣться всѣ данныя, необходимыя для построенія изображенія на сѣтчаткѣ. Разсчетъ, основывающійся на только что приведенныхъ нами данныхъ, показываетъ, что изображеніе какого-нибудь предмета величиной, положимъ, въ 1 м., помѣщеннаго на разстояніи, допустимъ, въ 10 м., на сѣтчаткѣ будетъ занимать мѣсто приблизительно въ 1,5 мм.

Всѣ указанныя нами соотношенія между частями нашей системы сохраняютъ свою силу лишь въ примѣненіи къ глазу, смотрящему на отдаленный предметъ. Если бъ эти соотношенія частей оставались все время неизмѣнными, то всѣ близкіе предметы представлялись бы нашему глазу неотчетливо, какъ въ фотографической камерѣ, въ которой нѣтъ приспособленій для установки на ясное изображеніе. Эта установка на ясное зрѣніе на различныхъ разстояніяхъ достигается у насъ въ глазу, благодаря особенности раздѣленія его на двѣ другъ отъ друга разъединенныхъ камеры, совершенно инымъ путемъ, чѣмъ въ оптическихъ инструментахъ. Глазъ не можетъ, въ зависимости отъ того или другого разстоянія, придвигать оптическую систему, то есть хрусталикъ, къ поверхности, на которой получаются изображенія, къ сѣтчаткѣ, или удалять ее отъ нея. Поэтому, для перемѣщенія фокусовъ необходимо, чтобы измѣнялась кривизна преломляющихъ поверхностей, а это при эластичности хрусталика вполнѣ достижимо. На край хрусталика надавливаетъ мускулъ, такъ называемый аккомодаціонный мускулъ, придавая ему такимъ образомъ необходимую для болѣе близкихъ предметовъ большую

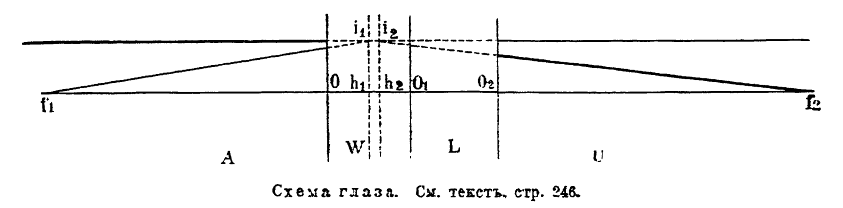


Схема глаза. См. текстъ, стр. 246.

кривизну; фокусное же разстояніе остается при этомъ неизмѣннымъ. Когда давленіе мускула прекращается, хрусталикъ самъ собой принимаетъ снова свою обычную форму. Въ силу этого, при разсматриваніи предметовъ близкихъ, требуется извѣстное усиліе, что является излишнимъ при наблюденіи далей; у людей, дѣятельность которыхъ заставляетъ ихъ подолгу устанавливать глазъ на ясное зрѣніе на предметы близкіе, хрусталикъ подъ конецъ теряетъ часть своей упругости и пріобрѣтаетъ чрезмѣрную кривизну: человѣкъ становится близорукимъ.

При помощи очковъ, какъ извѣстно, можно устранить какъ только что описанные, такъ и другіе недочеты аккомодаціонной способности глаза. Близорукіе прибѣгаютъ къ вогнутымъ оптическимъ стекламъ, такъ какъ этого вида стекла увеличиваютъ фокусное разстояніе; дальнозоркіе, у которыхъ фокусъ хрусталика перенесенъ за сѣтчатку, должны для того, чтобы перевести фокусъ къ ней ближе, носить стекла выпуклыя. Разумѣется, оба сказанныхъ недочета глаза могутъ происходить и отъ неправильныхъ размѣровъ, отъ несоотвѣтственно большой глубины глазной впадины, то есть отъ несоразмѣрно большого разстоянія между хрусталикомъ и сѣтчаткой, въ то время какъ самъ хрусталикъ можетъ имѣть вполнѣ правильную кривизну.

Такъ какъ только что описанныя приспособленія, служащія для аккомодаціи глаза, дѣйствуютъ лишь въ извѣстныхъ предѣлахъ, то изображенія тѣхъ предметовъ, которые поднесены къ глазу близко, ближе нѣкотораго разстоянія, называемаго разстояніемъ яснаго зрѣнія, будутъ размыты. При нормальныхъ условіяхъ разстояніе яснаго зрѣнія равняется 25 см., у близорукихъ оно меньше, у дальнозоркихъ — больше. Но размѣры этихъ разстояній колеблются между 18 и 36 см. Поле зрѣнія глаза настолько велико, что ни одинъ изъ нашихъ оптическихъ инструментовъ не можетъ хоть сколько-нибудь сравниться съ нимъ въ этомъ отношеніи. Въ совокупности, оба глаза располагаютъ угломъ зрѣнія въ 180°, такъ что въ ихъ поле попадаетъ не только все, что находится передъ нами, но отчасти и то, что имѣется позади насъ. Обусловливается это, съ одной стороны, тѣмъ, что поверхность сѣтчатки, на которой получаются изображенія, имѣетъ форму полушарія, а не плоскости, какъ въ нашихъ фотографическихъ аппаратахъ, съ другой стороны тѣмъ, что здѣсь не наблюдается сколько-нибудь замѣтнаго

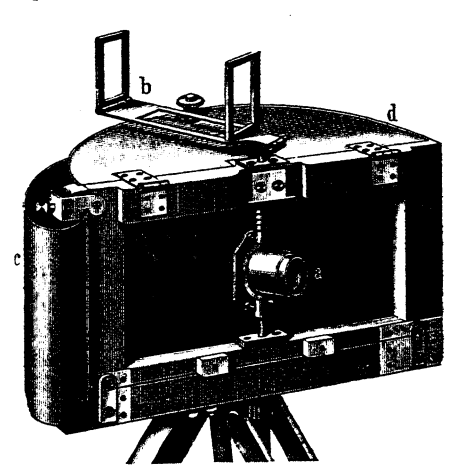
исправленія сферической аберраціи. Благодаря первому приспособленію, разстояніе между хрусталикомъ и воспринимающей поверхностью будетъ для крайнихъ, какъ и для центральныхъ лучей, одно и то же, а это въ извѣстной степени ослабляетъ вредное дѣйствіе сферической аберраціи. Если уголъ зрѣнія достигаетъ такой величины, то искривленіе поверхности, воспринимающей изображенія, является, вообще говоря, дѣломъ уже необходимости, поскольку рѣчь идетъ о практическихъ приложеніяхъ; въ самомъ дѣлѣ, такую искривленную поверхность мы видимъ, напримѣръ, въ такъ называемомъ панорамномъ аппаратѣ (см. рис. на стр. 249); на ней могутъ получаться сразу изображенія подъ угломъ въ 180^{0}, разумѣется, подъ условіемъ, что во время съемки объективу будетъ сообщено соотвѣтственное вращеніе.

Вслѣдствіе непостоянства формы хрусталика, нельзя установить неизмѣнныхъ соотношеній между крайними и центральными лучами, а, слѣдовательно, нельзя добиться и уничтоженія сферической аберраціи. Эта погрѣшность свойственна глазу даже въ высокой мѣрѣ; отчетливо онъ видитъ лишь въ области лучей близкихъ къ оси, гдѣ кривизну небольшого шарового сегмента можно считать правильной; все, что лежитъ внѣ этой, весьма небольшой по размѣрамъ, средней области, представляется глазу размытымъ, какъ при разсматриваніи черезъ очень плохую стеклянную линзу. Уже во введеніи, говоря о роли, которая при изслѣдованіи природы выпадаетъ на долю различныхъ органовъ чувствъ (стр. 37), мы пытались показать, что именно несовершенство глаза обезпечиваетъ намъ достовѣрность чувственныхъ впечатлѣній, получаемыхъ нами черезъ посредство этихъ наиболѣе важныхъ изъ всѣхъ вратъ нашего познаванія внѣшняго міра. Только благодаря этимъ недочетамъ глаза, мы получаемъ возможность пользоваться при точныхъ изслѣдованіяхъ и сравненіяхъ, по единственно достовѣрному методу, методу совпаденій, всегда однимъ и тѣмъ же участкомъ сѣтчатки, всегда одними и тѣми же нервными окончаніями; само собой разумѣется, что благодаря этому исчезаетъ и та ошибка, которая можетъ появиться при пользованіи сходными по дѣйствію, но не вполнѣ одинаковыми приспособленіями.

Изъ дальнѣйшаго знакомства съ глазомъ мы узнали, что въ области этихъ вполнѣ отчетливо воспринимаемыхъ нами среднихъ лучей лежитъ такъ называемое желтое пятно; оканчивающіяся въ немъ нервныя волокна обладаютъ особенной чувствительностью, и потому въ этомъ мѣстѣ зрѣніе обостряется еще больше. Величина этого желтаго пятна достигаетъ едва $\frac{1}{2}$ мм. Но несмотря на всю незначительность этого участка, и въ немъ замѣчается возрастаніе чувствительности по направленію отъ краевъ къ серединѣ, и потому для сравненій, требующихъ наибольшей точности, мы выбираемъ тѣ именно нервы, которые оканчиваются здѣсь. Уже предметъ въ 7,5 мм., помѣщенный на разстояніи яснаго зрѣнія, даетъ изображеніе, которое занимаетъ собой всю поверхность желтаго пятна. Толщина имѣющихся здѣсь колбочекъ измѣняется въ предѣлахъ отъ 0,0015 до 0,0025 мм. Такая толщина, какъ легко показать на основаніи приведенныхъ нами данныхъ относительно оптическихъ размѣровъ глаза, соотвѣтствуетъ углу зрѣнія приблизительно въ 30 дуговыхъ секундъ. Два или болѣе лучей, исходящихъ изъ разныхъ точекъ тѣла, лежащихъ въ предѣлахъ этого угла, попадаютъ въ нашемъ глазу, въ силу сказаннаго, на одну и ту же колбочку и потому вызываютъ въ насъ впечатлѣніе какъ бы единственнаго раздраженія. Намъ будетъ казаться, что такіе предметы не имѣютъ діаметра, что это точки. Точно также найдено, что разстояніе между двумя предметами, или двумя линіями, должно равняться, по меньшей мѣрѣ, 50 дуговымъ секундамъ, къ противномъ случаѣ мы не будемъ ихъ видѣть раздѣльно. Стало быть, таковъ предѣлъ разрѣшающей способности нашего глаза. Предметъ приблизительно въ 0,06 мм., помѣщенный на разстояніи нормальнаго зрѣнія, мы видимъ подъ этимъ угломъ.

Изъ предыдущаго слѣдуетъ, что предметы, представляющіеся намъ подъ меньшими, нежели этотъ, углами зрѣнія, изъ глазъ исчезаютъ, но причина этого лежитъ вовсе не въ ихъ малости, потому что замѣчаемъ же мы совершенно ясно

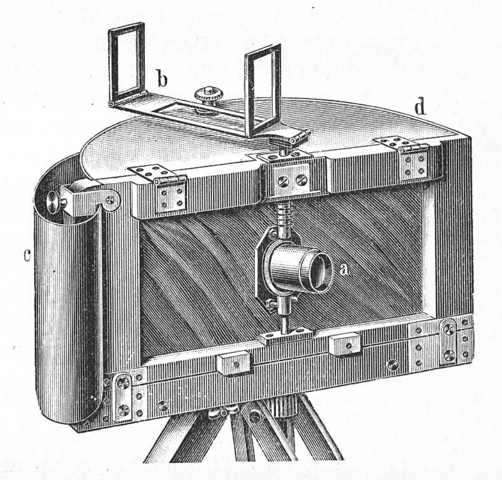
телеграфную проволоку, когда она, еще не успѣвъ потускнѣть, отсвѣчиваетъ въ лучахъ солнца своимъ металлическимъ блескомъ, несмотря на то, что мы видимъ ее подъ какимъ-нибудь угломъ въ 5 секундъ. Всѣ неподвижныя звѣзды представляются въ сильнѣйшіе наши телескопы совсѣмъ не имѣющими діаметровъ, стало быть, уголъ, подъ которымъ они видны, неизмѣримо малъ не для одного только невооруженнаго глаза. Тѣмъ не менѣе, излучающійся изъ нихъ свѣтъ оставляетъ въ насъ по себѣ вполнѣ опредѣленное впечатлѣніе. Поскольку рѣчь идетъ не о томъ, чтобы разсмотрѣть предметъ во всѣхъ его подробностяхъ, замѣтность его сводится, вообще говоря, къ вопросу о его яркости. Мы уже раньше видѣли, что при помощи очень большихъ объективовъ можно достигнуть увеличенія яркости изображеній предмета, получающихся въ глазу. Но если мы желаемъ разсмотрѣть детали предмета, помѣщеннаго на разстояніи яснаго зрѣнія, но видимаго подъ угломъ меньше сказаннаго, то есть подъ угломъ приблизительно меньшимъ минуты, то необходимо при помощи оптическихъ приспособленій этотъ уголъ раздвинуть. Это можно сдѣлать двумя путями: при помощи лупы и при помощи микроскопа. Лупа уменьшаетъ разстояніе яснаго зрѣнія; пользуясь лупой, мы можемъ поднести объектъ ближе къ глазу, не измѣняя положенія второго фокуса, то есть сохраняя ту же степень отчетливости изображенія, получающагося на сѣтчаткѣ, что и раньше. Благодаря тому, что предметъ къ глазу ближе, подъ тѣмъ же предѣльнымъ угломъ разрѣшающей способности видна гораздо меньшая часть предмета. Отсюда мы видимъ, что при разсматриваніи деталей предмета, вблизи отъ глаза (безъ очковъ), по сравненію съ нормально-зрячими, преимущество на сторонѣ близорукихъ. Но увеличивать при помощи лупы можно лишь до извѣстнаго предѣла, потому что приближать предметъ можно не далѣе, чѣмъ до поверхности линзы, входящей въ составъ лупы. Для оптическихъ системъ въ микроскопахъ такого ограниченія не существуетъ, потому что въ микроскопахъ увеличеніе угла зрѣнія достигается, какъ описано выше, расширеніемъ конуса лучей (стр. 217). Само собой разумѣется, что объективы въ микроскопахъ должны быть ахроматическіе. Устройство такихъ системъ оптическихъ стеколъ, которыя иногда бываютъ даже меньше хрусталиковъ нашего глаза, представляетъ собой одно изъ чудесъ современной техники. Человѣческая изобрѣтательность, человѣческое искусство дѣлаютъ то, что эти кусочки стекла становятся дороже равныхъ имъ по величинѣ кусковъ наиболѣе дорогихъ изъ драгоцѣнныхъ камней.



Панорамный аппаратъ. a) Вращающійся объективъ; b) Видоискатель; c) Воспринимающая поверхность, имѣющая видъ полукруга. См. текстъ, стр. 248.

Мы не будемъ останавливаться на объясненіи процесса воспріятія сознаніемъ изображеній, получающихся на сѣтчаткѣ описаннымъ выше образомъ, — это въ кругъ нашихъ задачъ не входитъ (кое-что объ этомъ, правда, сказано у насъ во введеніи), — но мы должны теперь же отвѣтить, какимъ образомъ свѣтовыя волны, попадающія на сѣтчатку, производятъ въ ней раздраженія, отличающіяся другъ отъ друга яркостью и безконечнымъ разнообразіемъ цвѣтовъ.

До сихъ поръ въ процессѣ фотографированія и въ процессахъ, происходящихъ въ глазу, мы могли указать на цѣлый рядъ параллелей; но фотографическому процессу до недавняго времени недоставало пріема, соотвѣтствующаго цвѣтному зрѣнію; обычный фотографическій снимокъ представляетъ собой воспроизведеніе оптической картины, получающейся въ камерѣ, лишь въ бѣлыхъ и черныхъ тонахъ; такимъ образомъ, не взирая на то, что на матовой пластинкѣ получалось цвѣтное изображеніе, на свѣточувствительной пластинкѣ отмѣчается лишь разница



Панорамный аппаратъ. a) Вращающійся объективъ; b) Видоискатель; c) Воспринимающая поверхность, имѣющая видъ полукруга.
См. текстъ, стр. 248.

въ яркостяхъ отдѣльныхъ частей его. Но съ тѣхъ поръ, какъ удались опыты фотографированія въ натуральныхъ цвѣтахъ, а это случилось весьма недавно, мы и въ этомъ отношеніи приблизились къ тому, что наблюдается въ дѣйствительности.

Въ раздраженіяхъ нервовъ, производимыхъ дѣйствіемъ свѣтовыхъ волнъ, необходимо также отличать двѣ стороны: яркость и цвѣтовое раздраженіе. Въ звуковыхъ волнахъ имъ соотвѣтствуютъ сила звука и его высота; какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаѣ яркость свѣта или силу звука обусловливаютъ размѣры колебаній (амплитуды) волнъ, что же касается до ихъ окраски, то причину ея надо искать въ числѣ колебаній. Мы понимаемъ, что въ виду коренной разницы въ родахъ этихъ двухъ движеній, для превращенія ихъ въ раздраженія нервовъ, должны существовать и другъ на друга непохожія приспособленія. Для звуковыхъ волнъ такими приспособленіями являются части Кортіева органа въ ухѣ: каждому тону или опредѣленному сочетанію тоновъ соотвѣтствуетъ опредѣленное нервное окончаніе, пластинка, которая и приходитъ въ созвучное колебаніе съ попадающимъ въ ухо звукомъ. Этимъ опредѣляется непосредственно высота звука; сила же звука зависитъ отъ величины размаха Кортіева органа и соотвѣтственнаго раздраженія нерва. Несмотря на физическое сходство между свѣтовыми и звуковыми волнами, примѣненіе аппарата, сходнаго съ органомъ Корти, въ процессѣ зрѣнія, по причинамъ, которыя легко понять, было бы нецѣлесообразнымъ. Слухъ можно считать функціей линейной, зрѣніе же — функціей поверхностной. Въ извѣстный моментъ мы слышимъ лишь одинъ тонъ, лишь одинъ, производящій впечатлѣніе чего-то цѣльнаго, аккордъ. Если вмѣстѣ раздадутся звуки, не сливающіеся въ одинъ согласный аккордъ, то получится шумъ, въ которомъ отдѣльныхъ тоновъ разобрать уже нельзя. Глазъ же долженъ сразу охватить изображеніе, занимающее собой извѣстную часть поверхности, изображеніе, въ которомъ, какъ мы должны думать, заключается безконечно большое число точекъ. Въ силу то этого, въ каждомъ элементѣ сѣтчатки долженъ былъ бы находиться полный Кортіевъ органъ для волнъ свѣтовыхъ, а въ немъ безчисленное множество пластинокъ для всѣхъ цвѣтовыхъ оттѣнковъ. Для того, чтобы глазъ могъ нести въ этихъ условіяхъ службу чувственнаго воспріятія, въ немъ должно было бы находиться безконечно большое число необычайно чувствительныхъ приборовъ. Но можно напередъ сказать, что такого устройства нельзя бы было и предполагать. Дѣйствительно, микроскопическое изслѣдованіе показало, что элементы сѣтчатки состоятъ изъ чрезвычайно тонкихъ **палочекъ и колбочекъ**, расположеніе которыхъ представлено у насъ на рисункѣ, помѣщенномъ на стр. 252. Мы отличаемъ соединенныя между собой на верху такъ называемымъ пигментнымъ слоемъ b палочки aa, которыя имѣютъ одинаковую толщину, отъ лежащихъ въ глубинѣ между ними колбочекъ cc. Все это окончанія нервовъ, которыя доходятъ до соотвѣтственныхъ центровъ въ мозгу. Мы видимъ, что палочки между колбочками распредѣлены весьма неравномѣрно. Наиболѣе чувствительное мѣсто въ глазу, середина желтаго пятна, состоитъ почти исключительно изъ колбочекъ. Начиная отсюда и далѣе къ наиболѣе отдаленнымъ отъ желтаго пятна участкамъ сѣтчатки число палочекъ неизмѣнно возрастаетъ. Но такъ какъ чувствительность глаза къ цвѣтамъ, по мѣрѣ возрастанія числа палочекъ, уменьшается, то естественно было предположить, что каждый изъ этихъ двухъ родовъ нервныхъ окончаній надѣленъ своей особой функціей и что колбочки, по преимуществу или исключительно, служатъ для воспріятія цвѣтовъ, а палочки для передачи представленія о силѣ свѣта. Вполнѣ установленнаго взгляда на этотъ предметъ еще не имѣется.

Пигментная оболочка, въ которой оканчиваются палочки, окрашена, если на сѣтчатку не падаютъ свѣтовые лучи, въ красный цвѣтъ. Тутъ образуется такъ называемый **зрительный пурпуръ**; онъ тотчасъ же разлагается подъ вліяніемъ свѣта и обезцвѣчивается. Быть можетъ, по роли, которую онъ здѣсь играетъ, онъ тождественъ съ серебряными солями, примѣняющимися въ обычныхъ процессахъ фотографированія. При каждомъ ударѣ пульса сѣтчатку орошаетъ новый токъ свѣжаго зрительнаго пурпура, что соотвѣтствуетъ нанесенію на пластинку новаго

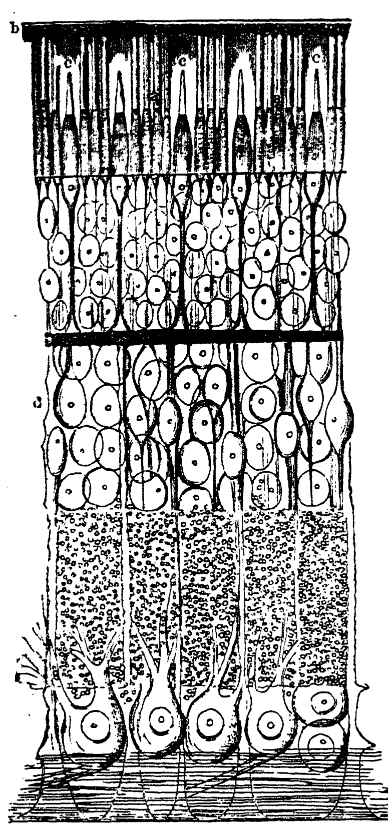
слоя эмульсіи. Но если количество дѣйствующаго на сѣтчатку свѣта слишкомъ велико, то возобновленіе будетъ медленнѣе разложенія, и глазъ на время лишится своей чувствительности. Но если закрыть глазъ на болѣе или менѣе продолжительное время такъ, чтобы свѣтъ въ него проникать не могъ, то образуется слой зрительнаго пурпура, гораздо болѣе толстый, чѣмъ раньше; послѣ этого въ теченіе короткаго времени глазъ будетъ проявлять совершенно особую по силѣ чувствительность къ свѣту. Оказывается, что чувствительность глаза къ цвѣтовымъ различіямъ возрастаетъ при этомъ далеко не въ той степени, какъ просто свѣточувствительность; мало того, глазъ, который былъ долго закрытъ, въ первыя мгновенія различаетъ цвѣта даже хуже, чѣмъ обыкновенно. При воспріятіи цвѣтовъ разложеніе зрительнаго пурпура играетъ или второстепенную роль, или совершенно лишено всякаго значенія, но является необходимымъ при оцѣнкѣ яркости. Разложеніе пурпура есть химическій процессъ, производимый свѣтовыми волнами. Возможно, что дѣйствіе получающагося при этомъ химическаго продукта соотвѣтствуетъ освобождающимся количествамъ его, то есть количеству свѣта, дѣйствующему на сѣтчатку; раздраженіе, производимое имъ на нервныя окончанія, сходно съ дѣйствіемъ кислоты на ощущающіе нервы нашей кожи.

Если теперь процессъ оцѣнки яркостей различныхъ точекъ изображенія, получающагося на сѣтчаткѣ, немного и выясненъ, то объясненіе воспріятій цвѣтовъ попрежнему представляетъ значительныя трудности. Мы не можемъ допустить, что свѣтовыя волны непосредственно, такъ сказать, матеріально встряхиваютъ колбочки, какъ бы тонки ни были, по нашему мнѣнію, эти волоконца. Колебанія эѳира совершаются въ мірѣ, который укладывается въ промежуткахъ міра грубой матеріи; они нигдѣ не приводятъ въ движеніе частей этого матеріальнаго міра, по крайней мѣрѣ, нигдѣ такого случая наблюдать не удается. Колебаніями этими приводятся въ движеніе лишь міры молекулъ; изъ нихъ, изъ этихъ молекулъ, слагаются уже большіе видимые нами міры, но какъ они слагаются, этого мы никогда не увидимъ. Мы, стало быть, должны искать объясненія въ какомъ нибудь другомъ молекулярномъ процессѣ, въ родѣ того какъ мы объяснили себѣ воспріятіе яркости существованіемъ извѣстнаго химическаго процесса. Намъ только и остается предположить, что и это воспріятіе цвѣтовъ достигается лишь при посредствѣ такого же химическаго или электрическаго процесса. Мы еще не разобрались въ области явленій химическихъ и явленій электричества, но мы понимаемъ и теперь, что не можетъ быть для каждаго вполнѣ отличнаго отъ другихъ оттѣнка своей особой реакціи, которая при принятіи на сѣтчатку цвѣтного изображенія носила бы въ каждой точкѣ особый характеръ и отличалась бы отъ тѣхъ, которыя происходятъ въ смежныхъ элементахъ. Надо, стало быть, придумать болѣе простое объясненіе процесса воспріятія цвѣтовъ.

Техника живописи даетъ намъ въ этомъ направленіи важное указаніе. Мы получаемъ здѣсь указаніе, какъ составлять изъ немногихъ основныхъ красокъ значительное число другихъ красокъ или даже всѣ остальные, имѣющіеся въ природѣ, цвѣта. Точное изслѣдованіе показало, что такими основными цвѣтами являются — красный, желтый и синій; смѣшивая ихъ, мы получаемъ всѣ цвѣта спектра въ ихъ естественной послѣдовательности. Если начертить діаграмму въ видѣ треугольника съ закругленными углами, какъ на страницѣ 253, и провести внутри треугольника прямую, которая пересѣкала бы кругъ, обозначенный буквой W, то цвѣта, находящіеся на концахъ этой прямой, въ точкахъ пересѣченія ея съ сторонами треугольника, дадутъ въ совокупности бѣлый цвѣтъ; это дополнительные цвѣта. Количества той и другой краски, необходимыя для полученія бѣлаго цвѣта, указываются величиной отрѣзковъ этой прямой по ту, и по другую сторону отъ W. Отсюда мы приходимъ къ установленію слѣдующаго интереснаго факта: для полученія бѣлаго цвѣта вовсе не надо смѣшивать всѣ цвѣта спектра; разлагая бѣлый свѣтъ, мы, дѣйствительно, получаемъ всѣ эти цвѣта, но для полученія его достаточно одновременнаго дѣйствія той или другой цвѣтовой пары.

Пріемъ, которымъ пользуется въ своей цвѣтной фотографіи Джолли.

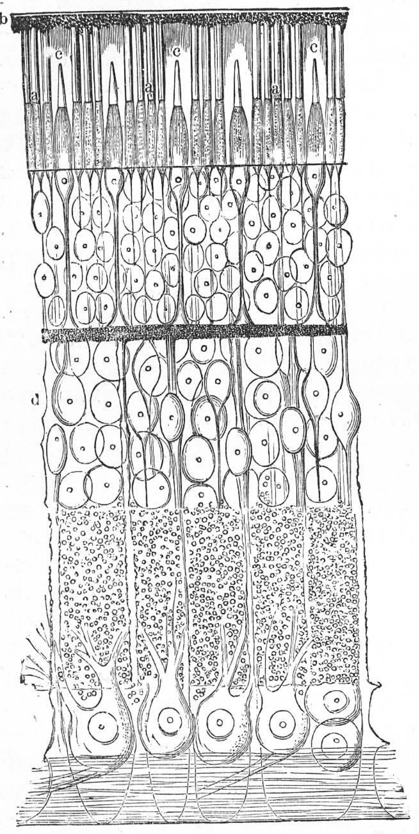
основывается на приведенныхъ нами только что выводахъ изъ теоріи трехъ цвѣтовъ, теоріи Юнга и Гельмгольца. При фотографированіи по методу Джолли пользуются цвѣтными фильтрами, соотвѣтствующими тому или другому изъ этихъ основныхъ цвѣтовъ: другими словами, производя снимокъ съ какого-нибудь предмета на приготовленной обычнымъ способомъ пластинкѣ, мы ставимъ передъ ней цвѣтную пластинку или растворъ жидкости, заключенный между двумя плоскопараллельными пластинками, которыя пропускаютъ лишь одинъ изъ этихъ трехъ основныхъ цвѣтовъ. Такимъ путемъ мы отдѣляемъ цвѣта одинъ отъ другого, какъ бы отфильтровываемъ ихъ. При фотографированіи черезъ красный фильтръ, серебро отложится лишь въ той мѣрѣ, въ какой этотъ основной цвѣтъ входилъ въ снимаемую нами картину; то же произойдетъ и при съемкахъ черезъ посредство двухъ остальныхъ фильтровъ. Эти три негативныхъ изображенія, воспроизводимыхъ, какъ всегда, въ бѣлыхъ и черныхъ тонахъ, покажутъ намъ, въ какой мѣрѣ участвовалъ въ составленіи того или другого цвѣта въ какой-нибудь точкѣ картины каждый изъ трехъ основныхъ тоновъ. При изготовленіи позитивовъ три основныхъ краски накладываются другъ на друга въ томъ соотношеніи, въ какомъ они находятся въ фотографируемомъ объектѣ. Приложеніе, изображающее подобные оттиски (см. стр. 39), показываетъ намъ, какъ это дѣлается на практикѣ. Если приготовить изъ этихъ негативовъ обычнымъ путемъ діапозитивы и затѣмъ при помощи тройного сціоптикона (см. рис. на стр. 254) отбросить на экранъ на одно и то же мѣсто три такихъ изображенія, пропуская каждое предварительно черезъ соотвѣтственный фильтръ, то получится воспроизведенная объективно въ натуральную величину картина, которая часто даетъ совершенную иллюзію дѣйствительности.



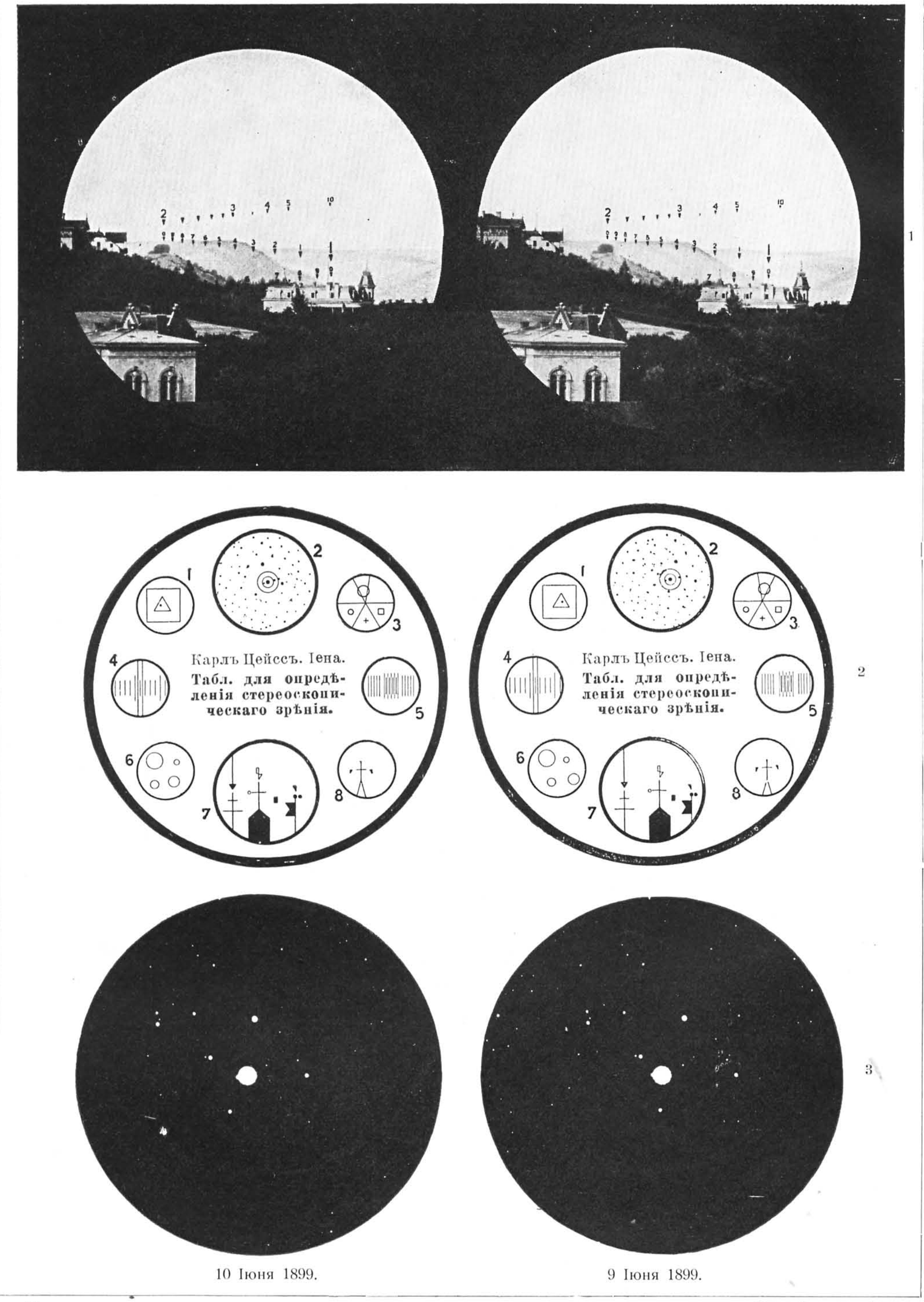
Палочки и колбочки въ сѣтчаткѣ.
a) Палочки; b) Пигментный слой; c) Колбочки; d) Нервн. клѣтки. См. текстъ, стр 250.

Мы выбрали изъ различныхъ методовъ цвѣтного фотографированія именно этотъ потому, что, по свидѣтельству ученыхъ физіологовъ, цвѣтовое ощущеніе въ нашемъ глазу объясняется смѣшеніемъ въ немъ нервныхъ раздраженій, соотвѣтствующихъ, подобнымъ описанному, тремъ основнымъ цвѣтамъ, тогда какъ сами по себѣ раздраженія эти другъ отъ друга отдѣлены. Можно представить себѣ этотъ процессъ такъ: въ сѣтчаткѣ существуютъ колбочки трехъ различныхъ родовъ или однѣ и тѣ же колбочки расщепляются на три различныя части; каждый изъ трехъ основныхъ цвѣтовъ является причиной особой химической реакціи, и эти реакціи въ свою очередь дѣйствуютъ лишь на вполнѣ опредѣленный родъ колбочекъ, или на вполнѣ опредѣленную часть ихъ. Изслѣдованія физіологовъ еще не пролили свѣта на всѣ сокровеннѣйшія стороны нашего организма. Мы должны предоставить будущему разъяснить то, чего мы еще не знаемъ.

Изображеніе, получающееся на сѣтчаткѣ, плоско, какъ плоски изображенія на фотографическихъ пластинкахъ; на немъ не видно непосредственно никакихъ углубленій, оно не выглядитъ тѣлесно. Въ повседневной жизни, а во многихъ случаяхъ въ видахъ самосохраненія въ борьбѣ съ враждебными элементами, тѣлесное зрѣніе, способность оцѣнивать разстоянія, являются необходимыми. Поэтому мы должны имѣть два глаза. Однако, при измѣреніи разстояній мы



Палочки и колбочки въ сѣтчаткѣ.
a) Палочки; b) Пигментный слой; c) Колбочки; d) Нервн. клѣтки. См. текстъ, стр 250.



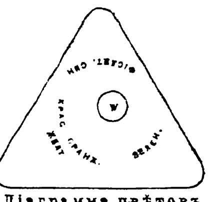
Т-во „Просвѣщеніе".

Стереоскопическія картины.

1) Видъ съ обозначеніемъ разстояній по Цейссу. — 2) Таблица для опредѣленія остроты стереоскопическаго зрѣнія. — 3) Сатурнъ въ созвѣздіи Змѣеносца, со снимковъ проф. М. Вольфа въ Гейдельбергѣ.

могли бы ограничиться лишь однимъ оптическимъ приборомъ. На стр. 217, мы описали дальномѣръ, устройство котораго основано на измѣненіяхъ установки его на объекты, находящіеся на различныхъ отъ него разстояніяхъ. Нѣкоторыя породы птицъ имѣютъ такое приспособленіе въ своемъ глазу, такъ какъ для нихъ представляется дѣломъ чрезвычайной важности умѣніе быстро и точно опредѣлять разстоянія: въ зависимости отъ этого стоитъ выборъ того или другого направленія полета. Такъ какъ у птицъ оба глаза расположены очень близко другъ отъ друга, то описанный у насъ далѣе пріемъ измѣренія разстояній, которымъ пользуемся мы, у нихъ даетъ весьма неточныя указанія. Тѣлесно можно видѣть лишь двумя глазами, и у насъ глаза удовлетворяютъ обѣимъ сказаннымъ цѣлямъ.

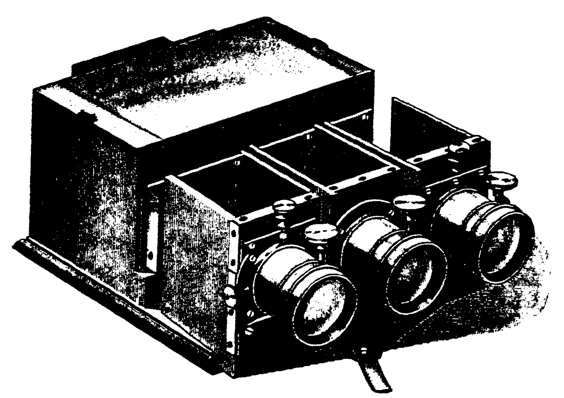
Если геометръ желаетъ опредѣлить, на какомъ разстояніи находится какой-либо недоступный предметъ, то онъ строитъ въ промежуткѣ между нимъ и собой треугольникъ, наблюдая предметъ изъ двухъ различныхъ точекъ. Разница въ направленіяхъ обѣихъ прямыхъ, проведенныхъ изъ концовъ базиса къ предмету, укажетъ тому, кто производитъ измѣреніе, величину угла при наблюдаемомъ имъ отдаленномъ предметѣ; такимъ образомъ всѣ элементы треугольника могутъ быть вычислены, и, если извѣстна длина базиса, то могутъ быть опредѣлены и длины двухъ другихъ сторонъ этого треугольника. Вотъ по этому то принципу глазъ и производитъ свою оцѣнку разстояній. Базисомъ въ этомъ случаѣ служитъ разстояніе между обоими глазами; каждый глазъ видитъ внѣшній міръ съ того мѣста, гдѣ онъ находится, и потому въ нихъ получаются изображенія всегда нѣсколько отличныя другъ отъ друга. Мы можемъ легко провѣрить это, взглянувъ, напримѣръ, черезъ окно на какое-нибудь далекое отъ насъ мѣсто, какой-нибудь пейзажъ. Въ зависимости отъ того, будемъ ли мы смотрѣть однимъ правымъ или однимъ лѣвымъ глазомъ, перекрестъ окна, которое отъ насъ находится близко, будетъ виденъ то въ одномъ мѣстѣ пейзажа, то въ другомъ. Если при помощи фотографическаго аппарата съ двумя объективами, разстояніе между которыми равно среднему разстоянію между глазъ, производить снимки предметовъ, находящихся на различныхъ разстояніяхъ отъ насъ, входящихъ, напримѣръ, въ какой-нибудь ландшафтъ, то у насъ двухъ тождественныхъ изображеній не получится. Измѣреніе разстояній между одинаковыми предметами на двухъ соотвѣтственныхъ изображеніяхъ прилаг. иллюстраціи „Стереоскопическія изображенія“ показываетъ, что въ случаѣ предметовъ близкихъ они меньше, чѣмъ въ случаѣ предметовъ болѣе отдаленныхъ. Точно такой же видъ должны носить два изображенія, получающіяся у насъ на ретинахъ. При помощи простого оптическаго прибора, стереоскопа, дѣйствіе котораго вполнѣ уясняется чертежомъ на стр. 254, мы можемъ свести изображенія, получающіяся у насъ въ глазахъ отъ приготовленныхъ по описанному выше способу двойныхъ снимковъ, въ одно мѣсто; стереоскопъ сводитъ ихъ такъ, какъ это дѣлается всегда при непосредственномъ актѣ зрѣнія, и у насъ получается впечатлѣніе настоящаго рельефа.



Діаграмма цвѣтовъ. См. текстъ, стр. 251.

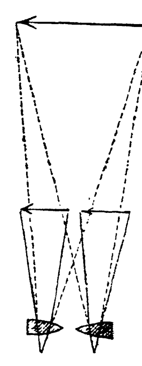
Оказывается, что оба глаза необыкновенно чувствительны къ самомалѣйшимъ отличіямъ такихъ двухъ изображеній; мы можемъ убѣдиться въ этомъ, разсматривая вторую пару изображеній на нашемъ приложеніи, которыя представляютъ собой чисто геометрическія построенія. Стереоскопъ тотчасъ же укажетъ намъ на несходство въ положеніяхъ двухъ, повидимому, совершенно тождественныхъ группъ линій или фигуръ, отодвинувъ ихъ вглубь не на одинаковыя разстоянія; между тѣмъ, если-бъ мы старались составить себѣ о нихъ сужденіе просто на глазъ, то мы или вовсе не обнаружили бы въ нихъ разницы, или еслибъ обнаружили, то лишь съ большимъ трудомъ и при помощи самыхъ точныхъ микрометрическихъ измѣреній. Этотъ фактъ натолкнулъ въ недавнее время оптиковъ на изобрѣтеніе новаго типа дальномѣра; принципъ, на которомъ этотъ приборъ построенъ, повидимому, можетъ дать очень много всей техникѣ измѣреній. Уже нѣсколько лѣтъ тому назадъ стали изготовляться такъ назыв. стереоскопическія подзорныя трубы (см. рис., стр. 255); въ этихъ приборахъ расположенныя, какъ показано на чертежѣ выше,

призмы полнаго внутренняго отраженія значительно увеличиваютъ базисъ, то есть въ этомъ случаѣ разстояніе между глазами, существованіе котораго обусловливаетъ самую возможность стереоскопическаго зрѣнія. Глядя въ такую трубу, благодаря большей рельефности получающейся въ ней картины, мы не только выносимъ изъ разсматриванія большее наслажденіе, мы вообще много выигрываемъ въ смыслѣ ясности зрѣнія. Фирма Цейсса въ Іенѣ въ полѣ зрѣнія этихъ трубъ, предназначенныхъ, собственно говоря, для измѣренія разстояній, помѣщаетъ шкалу (у насъ, на приложеніи, эта шкала, помѣщенная въ началѣ стереоскопической картины, и воспроизведена). Каждому значку соотвѣтствуетъ вполнѣ опредѣленное разстояніе, такъ что мы можемъ прямо прочесть, чему равно это разстояніе. Это измѣреніе, для выполненія котораго достаточно только взглянуть въ трубу, даетъ поразительно точные результаты. Дальномѣръ, съ базисомъ въ 51 ст. и увеличеніемъ въ 8 разъ, позволяетъ опредѣлять разстоянія въ 500 метровъ съ ошибкой лишь въ 10 метр., если же измѣряемое разстояніе равно 1 км., то ошибка не превышаетъ 35 м. Въ трубахъ этого типа, но большихъ размѣровъ, точность доведена до степени еще болѣе высокой, такъ что, взглянувъ въ трубу, можно сразу измѣрить высоту облака, и наша ошибка не превыситъ при этомъ долей километра.

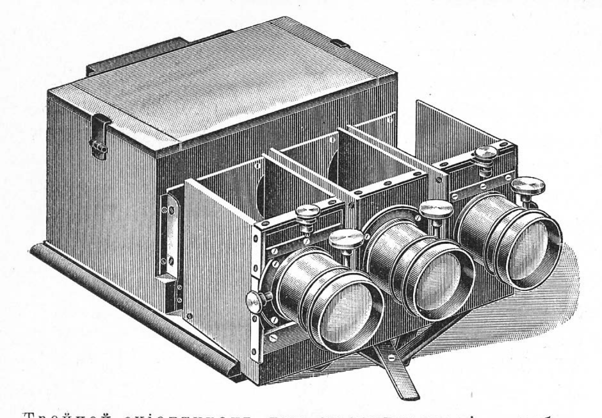


Тройной сціоптиконъ для проектированія изображеній въ натуральныхъ цвѣтахъ. См. текстъ, стр. 252.

При помощи фотографіи можно получить для стереоскопическихъ измѣреній еще болѣе надежный базисъ, чѣмъ въ описанныхъ только что трубахъ; для этого мы снимаемъ одинъ и тотъ же предметъ два раза, помѣщая при этомъ аппаратъ въ двухъ различныхъ пунктахъ земли. Затѣмъ оба изображенія стереоскопически сводятся въ одно мѣсто. Установленный выше принципъ позволяетъ измѣрить имѣющіяся между ними различія. Идя въ томъ же направленіи, Пульфрихъ придумалъ свой **стереокомпараторъ**; при помощи этого прибора можно разсматривать стереоскопически самыя отдаленныя части небеснаго пространства. Такъ какъ земля, при своемъ годичномъ обращеніи вокругъ солнца, вмѣстѣ съ нами перемѣщается, то у насъ получается для стереоскопическаго зрѣнія базисъ, величиной въ діаметръ земной орбиты, то есть въ 40 милліоновъ миль. Обусловленныя этимъ движеніемъ перспективныя перемѣщенія звѣздъ носятъ названіе ихъ параллаксовъ; они представляютъ собой единственное средство для оцѣнки огромныхъ разстояній, отдѣляющихъ разнаго рода солнца отъ насъ. Измѣреніе параллаксовъ по обычнымъ методамъ представляетъ чрезвычайныя трудности; если же мы будемъ пользоваться сразу обоими глазами, какъ это бываетъ при стереоскопическомъ зрѣніи, то измѣреніе несомнѣнно значительно выиграетъ въ точности. У насъ на таблицѣ (см. приложеніе къ стр. 253) имѣются подобные стереоскопическіе снимки неба (третья пара изображеній); за базисъ тутъ принято разстояніе, пробѣгаемое землей въ одни сутки. Въ стереоскопѣ мы совершенно отчетливо увидимъ, что отъ насъ до планеты Сатурна, которая отстоитъ отъ насъ на разстояніи 180 милліоновъ миль, ближе, чѣмъ до безконечно удаленныхъ отъ насъ неподвижныхъ звѣздъ; мы можемъ отличить отъ нихъ наибольшій изъ спутниковъ Сатурна Титанъ, который движется въ неизмѣримомъ пространствѣ нѣсколько позади отъ главнаго свѣтила. Непосредственное созерцаніе



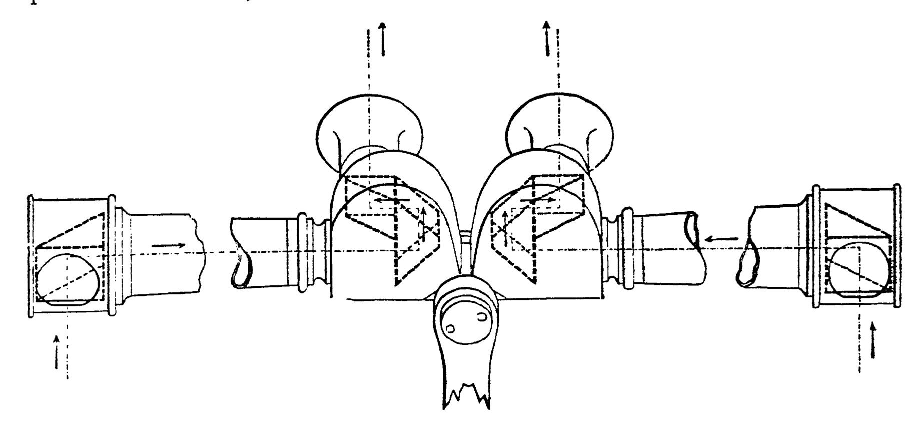
Ходъ лучей въ стереоскопѣ Брюстера. См. текстъ, стр. 253.



Тройной сціоптиконъ для проектированія изображеній въ натуральныхъ цвѣтахъ. См. текстъ, стр. 252.

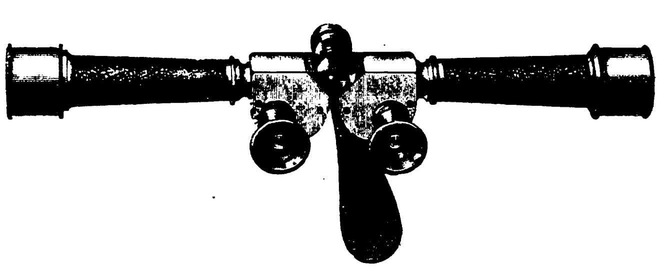
этой тѣлесности свѣтилъ, находящихся въ міровомъ пространствѣ на такомъ разстояніи отъ насъ, заключаетъ въ себѣ нѣчто неописуемо возвышенное.

Гладкая поверхность нѣкоторыхъ предметовъ, зеркальная поверхность воды, полированные металлы, стекло, — всѣ они обладаютъ особеннымъ блескомъ, кото-

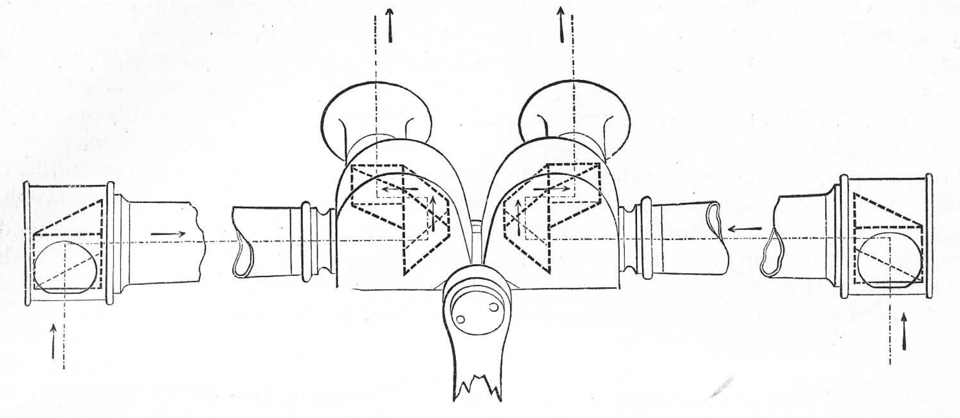


Расположеніе призмъ и ходъ лучей въ стереоскопической трубѣ. См. текстъ, стр. 253.

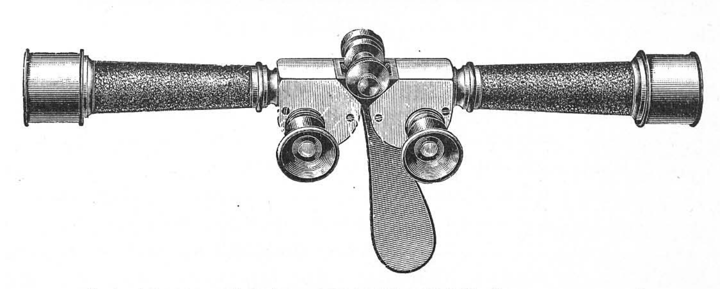
раго не въ состояніи передать ни художники, ни простая фотографія. Но стереоскопическая фотографія возстановляетъ этотъ блескъ вновь. Причина его появленія лежитъ, стало быть, въ томъ, что въ этомъ случаѣ изображеній два. Самый блескъ является, значитъ, результатомъ особеннаго совокупнаго дѣйствія обѣихъ сѣтчатокъ, и физіологія знаетъ объясненіе этого явленія. Металлическій блескъ, напримѣръ, можетъ появиться вслѣдствіе того, что оба глаза получаютъ впечатлѣнія разныхъ цвѣтовъ. Если цвѣтъ одного изъ двухъ такихъ изображеній является дополнительнымъ къ цвѣту другого, то въ стереоскопическомъ зрѣніи они сливаются въ одно изображеніе, въ которомъ имѣются только цвѣта бѣлый и черный. На этомъ основаніи изготовляются изображенія, воспроизводящія предъ нами предметы въ ихъ тѣлесныхъ соотношеніяхъ безъ всякаго стереоскопа. Оба стереоскопически различныхъ изображенія отпечатываются, одно на другомъ, во взаимно-дополнительныхъ тонахъ. Если теперь взглянуть на это неясное для невооруженнаго глаза изображеніе сквозь очки, стекла которыхъ того же цвѣта, что отпечатанныя другъ на другѣ изображенія, то тотчасъ же получится впечатлѣніе рельефа. Въ самомъ дѣлѣ, если одно изъ изображеній — синяго цвѣта, а другое желтаго, то глазъ, вооруженный синимъ стекломъ, разглядитъ синее изображеніе лишь въ незначительной степени, а то и вовсе не увидитъ, что же касается желтаго изображенія, то, въ сочетаніи съ синимъ цвѣтомъ стекла, оно будетъ представляться глазу въ черныхъ и бѣлыхъ тонахъ. Въ другомъ глазу дѣло будетъ обстоять наоборотъ. Стало быть, каждый глазъ видитъ лишь одно изъ стереоскопическихъ изображеній. Оба разноцвѣтныхъ изображенія въ видѣ діапозитивовъ можно при помощи сціоптикона увеличить и проэктировать на экранъ; такимъ образомъ, если зрители снабжены соотвѣтственными очками съ разноцвѣтными стеклами, то цѣлая аудиторія можетъ сразу объективно наблюдать рельефныя изображенія, тогда какъ при другихъ



Стереоскопическая подзорная труба (раздвинутая). См. текстъ, стр. 253.



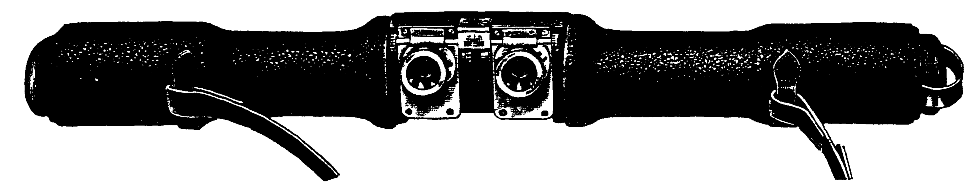
Расположевіе призмъ и ходъ лучей въ стереоскопической трубѣ. См. текстъ, стр. 253.



Стереоскопическая подзорная труба (раздвинутая). См. текстъ, стр. 253.

пріемахъ стереоскопическаго зрѣнія возможно лишь субъективное воспроизведеніе рельефа.

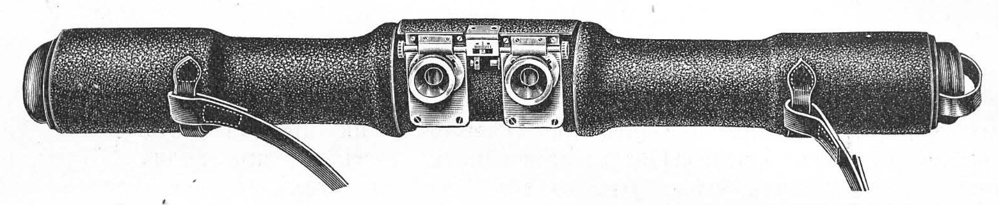
На одномъ чисто физіологическомъ свойствѣ глаза, роднящемъ его со всякаго рода другими концевыми нервными аппаратами, основывается устройство прибора, въ послѣднее время пользующагося самымъ широкимъ распространеніемъ, устройство **кинематографа**, или **мутоскопа**. Намъ уже часто приходилось упоминать, что нервныя впечатлѣнія, отдѣленныя другъ отъ друга промежуткомъ времени, меньшимъ $^1/_{10}$—$^1/_{12}$ секунды, какъ раздѣльныя раздраженія уже не воспринимаются. Если сдѣлать рядъ быстро слѣдующихъ другъ за другомъ фотографическихъ снимковъ съ какихъ-нибудь движущихся предметовъ, затѣмъ укрѣпить ихъ совершенно въ томъ же порядкѣ на валъ и привести его въ быстрое вращеніе, то, разсматривая ихъ глазомъ непосредственно или отбрасывая изображенія эти предварительно съ соблюденіемъ тѣхъ же условій на стѣну, мы снова получимъ отъ совокупности ихъ зрительное впечатлѣніе тѣхъ же движущихся предметовъ. Помѣщенный у насъ рисунокъ мутоскопа (стр. 257) вполнѣ уясняетъ этотъ простой пріемъ непосредственнаго воспроизведенія впечатлѣнія движенія.



Стереоскопическій дальномѣръ (стерео-дальномѣръ). См. текстъ, стр 253.

Мы уже много говорили о цвѣтныхъ предметахъ, о цвѣтныхъ изображеніяхъ и т. п. Но откуда берутся эти **цвѣта**? Если предметъ самъ изъ себя свѣта не испускаетъ и, такимъ образомъ, не окрашиваетъ себя въ тотъ или другой цвѣтъ, то цвѣтъ этотъ не будетъ неотъемлемымъ свойствомъ предмета, потому что при измѣненіи освѣщенія онъ измѣняется. Если какой-нибудь предметъ синяго цвѣта освѣтить чисто желтымъ свѣтомъ, то онъ покажется намъ черныйъ, совершенно не имѣющимъ цвѣта; то же будетъ и въ томъ случаѣ, если мы станемъ разсматривать этотъ предметъ сквозь желтое стекло. Этотъ фактъ стоитъ, повидимому, въ полномъ противорѣчіи съ тѣмъ, что мы утверждали на страницѣ 251, говоря, что такіе дополнительные цвѣта даютъ цвѣтъ бѣлый. И въ самомъ дѣлѣ, еслибъ свѣтъ падалъ на бѣлую поверхность сразу сквозь синее и желтое стекла, то она и осталась бы бѣлой. И только тамъ, гдѣ получается отъ этого предмета тѣнь, появляется цвѣтъ источника свѣта, не бывшаго причиной этой тѣни.

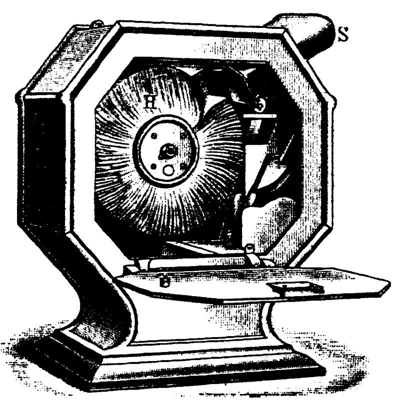
Отсюда вытекаетъ, что большинство предметовъ и веществъ, освѣщаемыхъ свѣтомъ, дѣлаютъ изъ падающихъ на нихъ волнъ извѣстный выборъ. Совершенно прозрачное вещество, въ родѣ безцвѣтнаго стекла, пропускаетъ сквозь себя волны всякой длины безъ замѣтнаго поглощенія, а бѣлая поверхность или зеркало отбрасываютъ назадъ всѣ свѣтовыя волны. Съ другой стороны, есть тѣла совершенно непрозрачныя и черныя; они не пропускаютъ свѣта и его не отбрасываютъ; наконецъ, есть такія тѣла, которыя являются воспріимчивыми лишь по отношенію къ волнамъ извѣстной длины или извѣстной ихъ комбинаціи. Красное стекло пропускаетъ волны лишь одной опредѣленной длины, а именно той, которая характерна для этого цвѣта; всѣ остальныя волны это стекло уничтожаетъ внутри себя, то есть превращаетъ ихъ въ другія молекулярныя движенія не производящія на насъ впечатлѣнія свѣта, по большей части въ теплоту. Точно такимъ же образомъ красное непрозрачное тѣло поглощаетъ всѣ свѣтовыя не красныя волны въ своихъ поверхностныхъ слояхъ; однѣ только красныя волны оно посылаетъ назадъ. Отсюда ясно, что такой цвѣтной предметъ не можетъ быть абсолютно непрозрачнымъ, потому что для описаннаго нами выбора извѣстнаго рода волнъ необходимо, чтобъ свѣтъ проникалъ въ тѣло до извѣстной глубины.



Стереоскопическій дальномѣръ (стерео-дальномѣръ). См. текстъ, стр 253.

Свѣтъ, пропускаемый тонкими слоями такихъ веществъ, состоитъ изъ тѣхъ волнъ, которыя этими веществами назадъ не выпускаются. Въ проходящемъ свѣтѣ такія вещества представляются окрашенными въ цвѣтъ дополнительный тому, который мы видимъ въ нихъ въ свѣтѣ отраженномъ. Это подтверждаетъ и опытъ: бѣлые предметы сквозь тонкій листокъ золота представляются зеленовато-голубыми, тогда какъ въ отраженномъ свѣтѣ цвѣтъ этого листка желтый.

Предпочтеніе, отдаваемое разными веществами тому или другому роду поглощаемыхъ, или воспринимаемыхъ ими волнъ, объясняется очень легко при изслѣдованіи свойствъ тѣлъ подъ микроскопомъ. Предпочтеніе это, какъ и свойства тѣлъ, проявляющіяся подъ микроскопомъ, зависятъ отъ строенія составляющихъ ихъ молекулярныхъ системъ, которыя обусловливаютъ ихъ химическій составъ. Каждое вещество имѣетъ свои опредѣленныя спектральныя линія, каждое вещество имѣетъ на поверхности по отношенію къ невооруженному глазу свой опредѣленный цвѣтъ. Если этотъ цвѣтъ вещества измѣняется, то мы можемъ быть увѣрены въ томъ, что измѣняется и молекулярное его состояніе, то есть что вещество пріобрѣло совершенно иныя свойства.

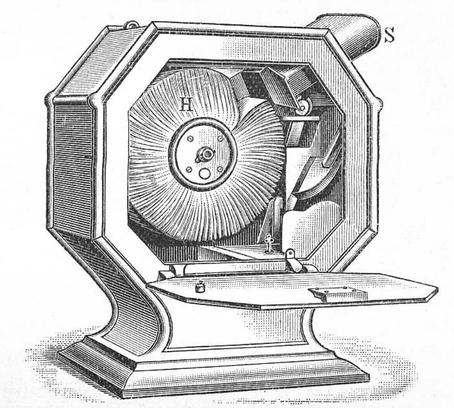


Мутоскопъ. S Мѣсто для глазъ; H. Валъ съ картинами. См. текстъ, стр. 256.

Непрозрачный желтый предметъ отбрасываетъ изъ падающаго на него бѣлаго свѣта волны только желтаго цвѣта; такимъ образомъ, синіе лучи отъ этого предмета въ нашъ глазъ не отразятся; прозрачное синее стекло пропускаетъ, наоборотъ, только лучи этого сорта, а потому послѣ такого двойного поглощенія не останется уже такихъ волнъ, которыя могли бы проникнуть въ глазъ: предметъ будетъ казаться неосвѣщеннымъ, чернымъ.

Восхитительная картина блистающей красками природы, развертывающаяся вокругъ насъ, возникаетъ, главнымъ образомъ, благодаря измѣняющейся на тысячи ладовъ игрѣ этихъ красокъ на поверхностяхъ предметовъ. Организмы, для которыхъ свѣтъ является жизненнымъ условіемъ, пользуются во всѣхъ случаяхъ лишь частью свѣтовыхъ волнъ, входящихъ въ составъ падающихъ на нихъ солнечныхъ лучей; остальная часть свѣта, которую они отдаютъ назадъ, идетъ на приданіе красоты міру, доставляя такимъ образомъ наслажденіе живущимъ вмѣстѣ существамъ. Въ частности мы можемъ указать на растенія: синіе и фіолетовые лучи они затрачиваютъ на процессъ дыханія, возвращающій животному міру необходимый ему кислородъ, красные же лучи они поглощаютъ ради содержащейся въ нихъ теплоты; обойтись они, стало быть, могутъ лишь безъ лучей, относящихся къ средней части спектра, безъ зеленыхъ лучей; вотъ почему листья, въ которые они убраны, зеленаго цвѣта. Разноцвѣтные лепестки — лишь свадебный нарядъ; на нихъ не лежитъ обязанность поддерживать питаніе всего организма: они не заботятся о выборѣ наиболѣе полезныхъ свѣтовыхъ волнъ, и потому могутъ играть всѣми цвѣтами. Для организмовъ животныхъ свѣтъ уже не является непремѣннымъ прямымъ условіемъ существованія. Окраска ихъ служитъ имъ уже лишь средствомъ защиты или приманки, а потому тутъ можно встрѣтить еще большее разнообразіе. Достаточно лишь вспомнить блещущую всевозможными цвѣтами бабочку полихлора.

Но картина природы обязана своимъ видомъ не однимъ только цвѣтамъ поверхностей предметовъ. Голубой цвѣтъ небосвода и пышное великолѣпіе красокъ солнечнаго заката происходятъ вслѣдствіе поглощенія свѣта не вполнѣ прозрачнымъ воздухомъ или вслѣдствіе преломленія лучей въ атмосферѣ. Радуга, цвѣтные круги вокругъ луны и солнца получаются вслѣдствіе преломленія свѣта при прохожденіи его черезъ носящіеся въ воздухѣ пузырьки воды и ледяные кристаллы.



Мутоскопъ. S Мѣсто для глазъ; Н. Валъ съ картинами. См. текстъ, стр. 256.

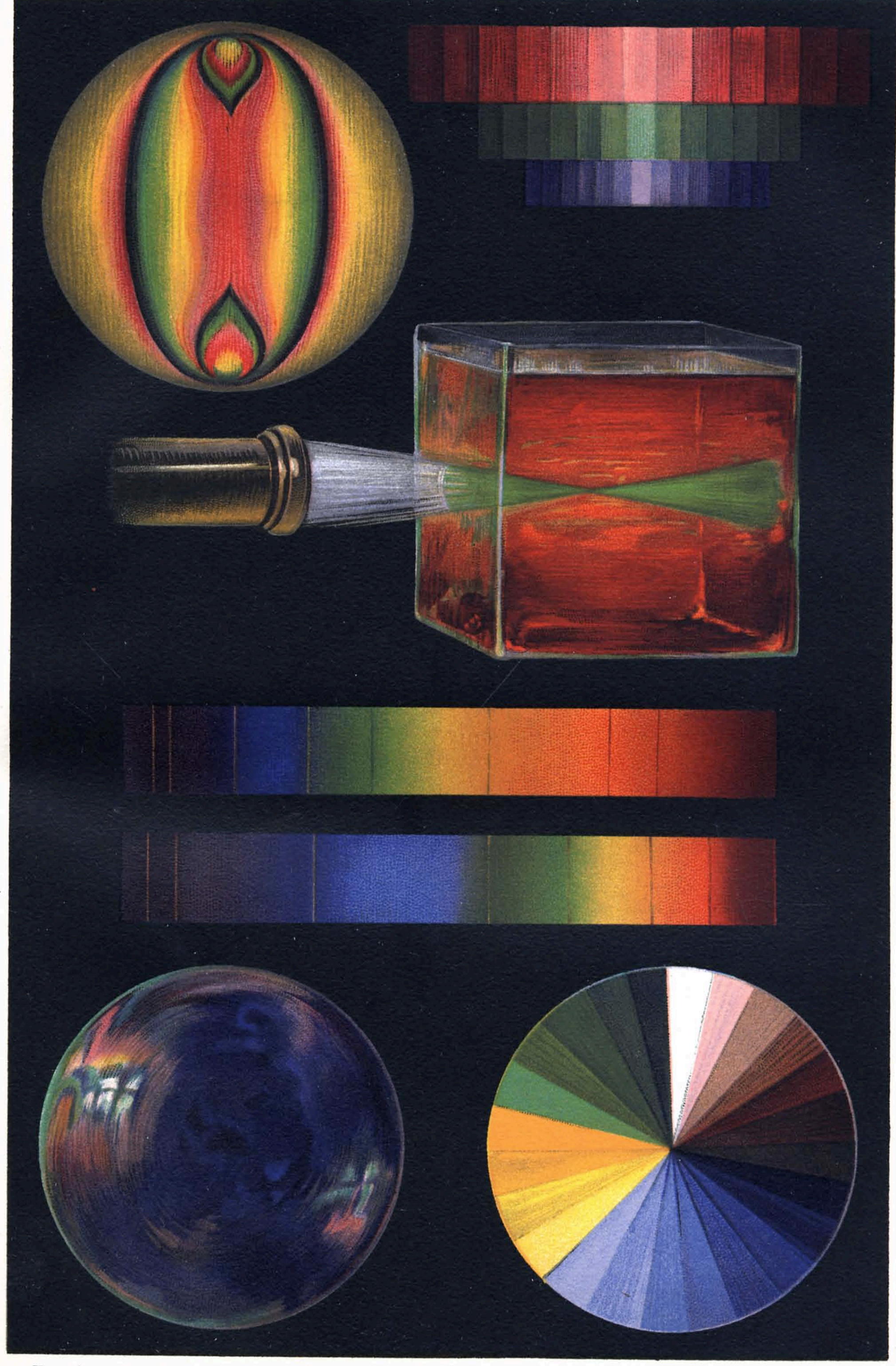
k) Свѣтовыя диффракціонныя явленія.

Когда мы впервые разсматривали явленіе разложенія бѣлаго свѣта на спектральные цвѣта и пришли къ заключенію, что оно представляетъ собой движеніе эѳирныхъ волнъ разной длины, мы брали за отправную точку нашихъ разсужденій Френелевъ опытъ съ интерференціонными полосами (стр. 225). Теперь для выясненія явленій родственныхъ, имѣющихъ большое теоретическое значеніе и играющихъ важную роль въ приложеніяхъ теоріи къ практикѣ, мы снова возвратимся къ этому опыту.

Мы видѣли уже тогда, что дѣйствіе двухъ пучковъ лучей однороднаго свѣта, пересѣкающихся подъ очень острымъ угломъ, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ уничтожается; это именно тѣ точки, гдѣ разность хода обоихъ лучей равна какъ разъ половинѣ волны. При этомъ на поставленномъ по пути свѣтовыхъ лучей экранѣ вмѣсто прежней свѣтлой линіи получается рядъ свѣтлыхъ и темныхъ полосъ, то есть то, что обозначаютъ именемъ явленія интерференціи.

Но оказывается, что полосы эти появляются и въ томъ случаѣ, когда источникъ свѣта, пучекъ лучей всего одинъ. Если пучекъ лучей падаетъ на узкую щель, и притомъ только одинъ этотъ пучекъ (см. чертежъ на стр. 259), то на экранѣ появляются тѣ же самыя полосы, диффракціонныя полосы. Это можетъ быть лишь въ томъ случаѣ, если изъ щели, кромѣ луча, идущаго неизмѣнно по прямому направленію, выходятъ подъ весьма небольшимъ угломъ еще другіе лучи, которые другъ съ другомъ пересѣкаются, встрѣчая болѣе или менѣе отклоненные сосѣдніе лучи, и вызываютъ такимъ путемъ стоячія волны. Насчетъ того, какъ получаются эти боковые лучи существуетъ много мнѣній и много теорій. Съ нашей точки зрѣнія мы можемъ считать это явленіе явленіемъ преломленія, подобнымъ всякому другому случаю преломленія. Мы знаемъ, что твердыя тѣла ни въ какомъ случаѣ не представляютъ изъ себя сплошныхъ массъ, и что между составляющими ихъ молекулярными системами должны непремѣнно быть весьма значительные просвѣты. На поверхности тѣлъ эти промежутки больше; такимъ путемъ совершается какъ бы переходъ къ окружающему тѣла воздуху; въ свою очередь, воздухъ у поверхности пріобрѣтаетъ бо́льшую плотность и образуетъ вокругъ нихъ атмосферу, на особенности физическихъ свойствъ которой обратили вниманіе лишь въ самое недавнее время. На поверхности тѣлъ измѣняются и оптическія ихъ свойства. На остромъ краю щели, раздвигающей свѣтъ въ разныя стороны, гдѣ молекулъ меньше, чѣмъ въ другихъ ея частяхъ, вещество, вообще говоря, непрозрачное, пропускаетъ свѣтъ и преломляетъ прошедшіе сквозь него лучи. Такъ что въ этомъ явленіи участвуютъ одновременно само твердое вещество и окружающій его воздухъ, и потому нечего удивляться, что преломленіе, выражающееся здѣсь въ возникновеніи полосъ, носитъ характеръ нѣсколько отличный отъ того, что мы видимъ при обыкновенномъ преломленіи лучей.

Но для этого не надо, чтобы свѣтъ проходилъ непремѣнно черезъ щель; свѣтъ можетъ проходить черезъ отверстіе какой-нибудь другой формы; при этомъ получатся и соотвѣтственнаго вида диффракціонныя фигуры (см. рис. на стр. 260). Если у насъ небольшое круглое отверстіе, то получится свѣтлый кружокъ и вокругъ него рядъ быстро убывающихъ по яркости свѣтлыхъ колецъ. Лучше всего наблюдать это явленіе въ телескопъ, закрывая его объективъ такъ, чтобы оставалось, лишь весьма небольшое отверстіе. Тѣ же условія будутъ на лицо, если, оставляя объективъ совершенно открытымъ, мы станемъ разсматривать свѣтящуюся на темномъ небесномъ сводѣ звѣзду. Звѣзда представится намъ тогда окруженной такъ называемыми диффракціонными кольцами (см. рисунокъ на стр. 260). Такъ какъ первыя по порядку кольца лежатъ очень близко отъ самого свѣтила, то кажущійся діаметръ его возрастаетъ, и хотя въ предѣлахъ, доступныхъ нашему зрѣнію, оно должно представляться совершенно неимѣющимъ діаметра, теперь оно кажется кружкомъ. При пользованіи одной и той же трубой, мы будемъ видѣть, что съ возрастаніемъ яркости звѣздъ увеличиваются и размѣры этихъ кружковъ; объясняется это тѣмъ, что въ этомъ

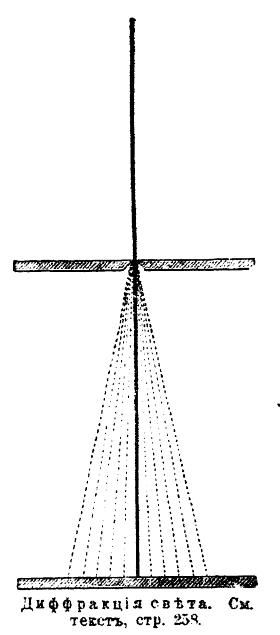


Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Цвѣтовыя явленія.

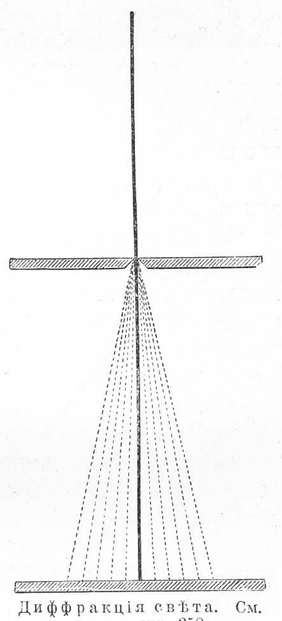
Рис. съ нат. *А. Геснеръ.*

случаѣ мы можемъ видѣть гораздо больше диффракціонныхъ колецъ, яркость которыхъ по мѣрѣ удаленія отъ звѣзды быстро ослабѣваетъ. Величина кружка, получающаяся въ телескопъ вмѣсто звѣзды, прямо пропорціональна фокусному разстоянію объектива инструмента, потому что обусловившіе диффракцію лучи, преломляющіеся о края далеко стоящаго объектива, образуютъ меньшій уголъ, чѣмъ въ телескопѣ, размѣры котораго невелики. Этимъ объясняется столь поражающее вначалѣ неспеціалистовъ явленіе, состоящее въ томъ, что въ лучшіе и большіе телескопы неподвижныя звѣзды кажутся гораздо меньшими, чѣмъ въ менѣе совершенные приборы: особенно замѣтно это, по сравненію съ размѣрами, которые звѣзды принимаютъ при непосредственномъ разсмотрѣніи ихъ невооруженнымъ глазомъ, потому что въ глазу, благодаря незначительности его фокуснаго разстоянія, диффракціонныя явленія значительно возрастаютъ. Точка въ совершенный по устройству телескопъ должна представляться только въ видѣ точки. Если же, вмѣсто точки, въ трубу мы будемъ видѣть какую-нибудь фигуру, то диффракціонныя фигуры, окружающія ее, примутъ эту именно форму, исказятся. Такимъ образомъ изслѣдованіе этихъ фигуръ даетъ намъ весьма чувствительный способъ для оцѣнки доброкачественности объектива. Если въ опытѣ со щелью пользоваться свѣтомъ различныхъ цвѣтовъ, разстояніе между диффракціонными полосами пріобрѣтаетъ въ случаѣ краснаго свѣта наибольшую величину, въ случаѣ фіолетоваго,—наименьшую. Уже по поводу опыта Френеля мы указывали, что разстояніе между полосами пропорціонально длинамъ волнъ того или другого свѣта и что, зная его величину, можно вычислить и длину волны. На нашемъ приложеніи „Цвѣтовыя явленія" на фигурѣ 2 помѣщены рядомъ двѣ такихъ цвѣтныхъ диффракціонныхъ полосы.



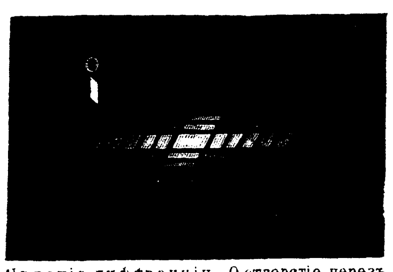
Диффракція свѣта. См. текстъ, стр. 258.

Неодинаковое проявленіе диффракціи на лучахъ разныхъ цвѣтовъ даетъ средство полученія такъ называемаго **диффракціоннаго спектра**, который обладаетъ большими преимуществами по сравненію со спектрами призматическими. При помощи чисто геометрическихъ построеній можно показать, что рядъ щелей, расположенныхъ очень близко другъ отъ друга, то есть очень тонко исполненная рѣшетка, даетъ, благодаря встрѣчѣ диффракціонныхъ полосъ, въ свою очередь, рядъ совершенныхъ по своимъ свойствамъ спектровъ; въ этихъ спектрахъ мы замѣчаемъ то же симметрическое расположеніе, что и въ полосахъ, то есть они располагаются симметрически отъ середины въ ту и другую сторону, причемъ, какъ справа, такъ и слѣва, фіолетовой своей частью они обращены всегда внутрь, а красной — наружу. Нѣкоторые изъ этихъ спектровъ снова сливаются въ полосы бѣлаго цвѣта. Между длиной волны λ, разстояніями между просвѣтами на рѣшеткѣ $\mathfrak{b}$, и угломъ отклоненія α наблюдаемаго нами диффракціоннаго изображенія существуетъ простое соотношеніе $\lambda = \mathfrak{b} \sin a$; это можно показать при помощи простого геометрическаго построенія. Уровень современной техники позволяетъ намъ изготовлять необычайно тонкія по работѣ рѣшетки; на металлъ или стекло при помощи дѣлительной машины наносятся рѣзцомъ тонкія царапины въ видѣ чертъ, и мы имѣемъ въ своемъ распоряженіи диффракціонные лучи; только теперь эти лучи появляются не при прохожденіи черезъ щели, а путемъ отраженія отъ краевъ. Американецъ **Раулендъ** изготовилъ рѣшетки, въ которыхъ на протяженіи 1 мм. умѣщается до 1700 линій, такъ что разстояніе между двумя такими линіями, величина $\mathfrak{b}$, равняется 0,000588 мм. и такимъ образомъ является величиной одного порядка съ измѣряемыми при помощи рѣшетки волнами. Длина свѣтовой волны, соотвѣтствующая линіямъ натрія, даже немного больше этого разстоянія между двумя линіями, изготовленнаго человѣческой рукой и вполнѣ точно измѣряемаго.



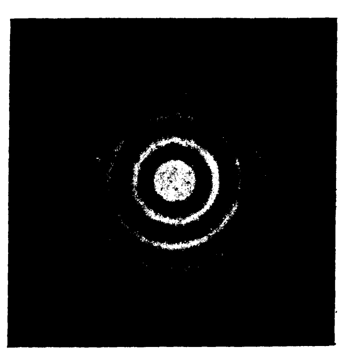
Диффракція свѣта. См. текстъ, стр. 258.

При помощи такихъ рѣшетокъ получаются спектры, имѣющіе длины много превышающія длины обыкновенныхъ спектровъ, отбрасываемыхъ призмами. Поэтому, при болѣе точныхъ измѣреніяхъ, прибѣгаютъ къ этимъ спектрамъ, получающимся съ помощью рѣшетокъ; только при такихъ спектрахъ можно думать о безупречномъ выполненіи измѣренія длинъ волнъ свѣта. Съ этой цѣлью надо измѣрить, какъ того требуетъ приведенная нами выше формула, уголъ отклоненія, соотвѣтствующій той или другой спектральной линіи; дѣлается это по описанному нами на стр. 196 способу, и точность этого рода измѣреній не оставляетъ желать ничего лучшаго. Далѣе, необходимая намъ величина $\mathfrak{b}$ находится съ точностью, вполнѣ достаточной, путемъ измѣренія всей длины рѣшетки и подсчета нанесенныхъ на ней чертъ. Помноживъ эту постоянную $\mathfrak{b}$ на синусъ угла отклоненія наблюдаемой нами спектральной линіи, мы получимъ сразу длину соотвѣтствующей ей свѣтовой волны.

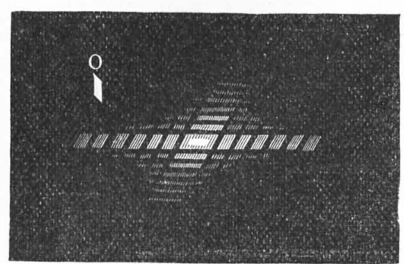


Явленіе диффракціи. О отверстіе, черезъ которое проходитъ свѣтъ. См. текстъ, стр. 258

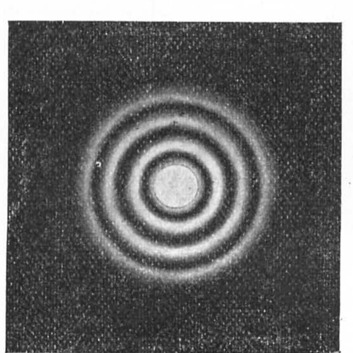
Благодаря такого рода измѣреніямъ, мы получаемъ возможность, при помощи этихъ необычайно малыхъ свѣтовыхъ колебаній, провѣрять единицы длины, напримѣръ, метръ, другими словами, мы можемъ установить абсолютную единицу длины. Уже во введеніи мы говорили, съ какими трудностями сопряжено измѣреніе длины метра, на точномъ знаніи которой держатся всѣ наши свѣдѣнія о законахъ міра; мы указали, что только увѣренность въ его неизмѣняемости позволяетъ людямъ спустя нѣсколько тысячелѣтій дѣлать заключенія объ измѣненіяхъ, могущихъ произойти съ самими законами. Прототипъ можетъ быть потерянъ, какъ это не разъ уже случалось съ мѣрами, а отношеніе его къ величинѣ діаметра земли теперь не внушаетъ намъ того довѣрія, какое питали къ этой зависимости между длинами раньше. Запись о величинѣ наиболѣе гарантируетъ ея сохраненіе, — это показываетъ исторія. Заботясь о сохраненіи мѣры для послѣдующихъ поколѣній, мы увѣрены, что спустя тысячелѣтія будутъ знать, что длина волны свѣта, соотвѣтствующей первой линіи натрія, равнялась 589,61 милліонной миллиметра или 0,00000058961 той мѣры, которая въ наши времена называлась метромъ. Зная только это, всегда можно будетъ выразить длину метра въ какой-либо иной единицѣ. Для этого придется только измѣрить уголъ отклоненія этой линіи спектра въ диффракціонномъ спектрѣ, полученномъ при помощи рѣшетки, по отношенію къ которой извѣстно, сколько нанесенныхъ на ней линій приходится на эту единицу длины. Предположимъ, что при измѣреніи длины волны въ новой мѣрѣ окажется, что волна эта равна 0,000000595506 этой новой единицы. Тогда, раздѣливъ это число на длину той же волны въ метрахъ, повѣданную намъ записями, мы получимъ отношеніе обѣихъ мѣръ. Въ предположенномъ нами случаѣ отношеніе этой мѣры будущаго къ нашей единицѣ равно 1 : 1,01. Точность измѣренія можетъ быть доведена при опредѣленіи длины волны во всякомъ случаѣ до 0,01 милліонной доли миллиметра, что вполнѣ возможно при тѣхъ средствахъ, какими располагаетъ современный экспериментаторъ. При помощи этого метода мы можемъ возстановить метръ въ его первоначальной величинѣ, рискуя сдѣлать ошибку не больше, чѣмъ въ 0,017 мм. Наши прямыя измѣренія при помощи компараторовъ, предпринимаемыя въ нашихъ бюро образцовыхъ мѣръ, будучи подвержены температурнымъ измѣненіямъ, не могутъ быть признаны болѣе точными; нѣтъ почти никакого сомнѣнія, что спустя нѣсколько сотъ



Диффракціонныя кольца. См. текстъ, стр. 258.



Явленіе диффракціи. О отверстіе, черезъ которое проходитъ свѣтъ. См. текстъ, стр. 258



Диффракціонныя кольца. См. текстъ, стр. 258.

лѣтъ можно будетъ съ меньшей увѣренностью положиться на точность величины измѣненія прототипа, самымъ тщательнымъ образомъ сохраняющагося въ настоящее время въ Парижѣ, чѣмъ на величину метра, возстановленнаго на основаніи извѣстныхъ намъ длинъ свѣтовыхъ волнъ.

Но, говоря это, мы молчаливо допускаемъ, что сами эти длины волнъ есть нѣчто неизмѣняющееся. Если, по мѣрѣ углубленія нашихъ свѣдѣній о явленіяхъ природы, мы приходимъ къ неизбѣжному выводу, что въ мірѣ, вообще говоря, нѣтъ ничего неизмѣннаго, то этимъ молекулярнымъ движеніямъ эѳира, наполняющаго вселенную, предпочтительно передъ другими, мы можемъ приписать постоянныя свойства, которыя, по человѣческимъ представленіямъ, являются чѣмъ-то нерушимымъ. Разумѣется, нельзя быть совершенно увѣреннымъ въ абсолютности единицы, основывающейся на длинѣ волны. По нашему взгляду, легшему въ основу всѣхъ прочихъ нашихъ соображеній, послѣдней причиной движеній молекулярныхъ системъ, приводящихъ въ свою очередь въ волнообразное движеніе эѳиръ, является всемірное тяготѣніе, что выступаетъ еще опредѣленнѣе при изученіи химическихъ явленій. До сихъ поръ единственной изъ силъ, независящей отъ воздѣйствія другихъ силъ природы, является, какъ мы думаемъ, тяготѣніе; оно, повидимому, остается неизмѣннымъ и въ томъ случаѣ, когда всѣ физическія условія, окружающія насъ, претерпѣваютъ измѣненія. Въ дѣйствительности неизмѣннымъ оно будетъ тогда, когда средняя скорость свободныхъ атомовъ эѳира, ударамъ которыхъ мы приписываемъ само явленіе тяготѣнія, станетъ во всѣхъ частяхъ мірозданія, черезъ которыя проходитъ земля, одной и той же. Увѣренности въ томъ, что это такъ, у насъ нѣтъ, но представляется въ высокой степени вѣроятнымъ, что движенія въ эѳирѣ и его плотность всюду пріобрѣли одну и ту же величину, въ виду того, что еще во времена, безконечно отъ насъ удаленныя, эѳиръ въ неизмѣримыхъ пространствахъ міра не испытывалъ при своихъ перемѣщеніяхъ никакихъ препятствій. Но тутъ мы снова пришли къ границамъ безконечности, не представляющей изъ себя чего-то абсолютнаго, и за предѣлами ея наши соображенія теряютъ сколько-нибудь прочную почву. Поэтому мы должны искать средствъ и путей для доказательствъ возможнаго факта измѣняемости тяготѣнія. Такія средства можетъ дать намъ прежде всего астрономія. Если наши представленія о процессѣ возникновенія молекулярныхъ движеній правильны, то длины свѣтовыхъ волнъ будутъ измѣняться вмѣстѣ съ всемірнымъ тяготѣніемъ, и мы это увидимъ.

Вслѣдъ за этимъ отступленіемъ въ область трудныхъ, но интересныхъ вопросовъ, касающихся установленія такъ называемыхъ абсолютныхъ мѣръ, мы снова возвратимся къ явленіямъ диффракціи свѣта и отмѣтимъ разницу въ положеніяхъ линій въ спектрахъ диффракціонномъ и призматическомъ, объясняющуюся различіемъ геометрическихъ соотношеній въ томъ и другомъ случаѣ. Наша формула $\lambda = b \sin\alpha$ (см. стр. 259) прямо показываетъ, что въ диффракціонномъ спектрѣ разстоянія между линіями должны быть прямо пропорціональны длинамъ соотвѣтствующихъ имъ волнъ. Примѣненіе законовъ преломленія къ призмѣ показываетъ, что здѣсь должны получиться другія соотношенія. На приложеніи „Цвѣтовыя явленія“ (см. стр. 259) фигура 3 представляетъ два такихъ спектра одинаковой длины, помѣщенныхъ одинъ подъ другимъ. Мы видимъ, что въ призматическомъ спектрѣ одна половина почти вся занята голубыми и фіолетовыми лучами, а зеленый, желтый и красный цвѣта тѣснятся на другой половинѣ. Въ спектрѣ диффракціонномъ цвѣта распредѣлены болѣе равномѣрно. Почти посрединѣ его находится желтая линія D; красные лучи занимаютъ здѣсь гораздо больше мѣста, чѣмъ въ спектрѣ призматическомъ. Благодаря этому, при наблюденіи этихъ лучей, имѣющихъ меньшій показатель преломленія, чѣмъ лучи фіолетовые, и не обладающихъ весьма важнымъ преимуществомъ послѣднихъ легко запечатлѣваться на фотографической пластинкѣ, диффракціонный спектръ представляетъ для насъ большія выгоды.

Тѣмъ же взаимодѣйствіямъ пересѣкающихся свѣтовыхъ волнъ, которыя даютъ диффракціонные спектры, обязаны своимъ происхожденіемъ перламутровый

блескъ и переливы цвѣтовъ у нѣкоторыхъ насѣкомыхъ. Переливающія разными цвѣтами поверхности испещрены, какъ видно при разсматриваніи ихъ въ микроскопъ, множествомъ тонкихъ блестящихъ жилокъ, которыя образуютъ тутъ какъ бы рѣшетку. Такимъ образомъ эти переливы представляютъ изъ себя чисто оптическое явленіе и не зависятъ, какъ цвѣта поверхностей предметовъ, отъ внутреннихъ молекулярныхъ свойствъ отсвѣчивающаго вещества.

Если выпуклое оптическое стекло положить на плоскую стеклянную пластинку, то вокругъ мѣста соприкосновенія появляются правильно расположенныя кольца, окрашенныя всѣми цвѣтами радуги. Эти такъ называемыя ньютоновы цвѣтныя кольца получаются вслѣдствіе образованія стоячихъ волнъ при пересѣченіи лучей, отраженныхъ отъ выпуклой линзы и отъ стекляной пластинки. Такимъ образомъ мы имѣемъ дѣло снова съ явленіемъ интерференціоннымъ. Можно вычислить разстояніе между обѣими стеклянными поверхностями, участвующими въ этой игрѣ свѣтовыхъ лучей, въ разныхъ точкахъ вокругъ мѣста ихъ соприкосновенія; величина колецъ даетъ возможность вычислить и длину самихъ волнъ. Въ тонкихъ листкахъ, напримѣръ, въ стѣнкахъ мыльнаго пузыря (см. приложеніе „Цвѣтовыя явленія“, стр. 259, фиг. 4), обнаруживаются точно такія же явленія; здѣсь волны отражаются отъ передней и задней стѣнокъ пластинки или пленки, и взаимодѣйствіе между этими двумя системами волнъ даетъ стоячія волны. Величиной этихъ волнъ обусловливается ихъ цвѣтъ, толщина стѣнокъ мыльнаго пузыря постоянно измѣняется, а потому радужная окраска его поверхности быстро измѣняетъ свои цвѣта.

Этимъ свойствомъ тонкихъ пластинокъ пользуются при изготовленіи цвѣтныхъ фотографій; впервые снимки этого рода были выполнены Липманномъ въ Парижѣ, но еще задолго до этого Ценкеръ предсказалъ, на основаніи теоретическихъ соображеній, возможность полученія такихъ снимковъ. На ртуть кладутъ стеклянную пластинку, покрытую очень тонкимъ слоемъ обыкновенной свѣточувствительной эмульсіи; свѣтъ, пройдя сквозь пластинку, отразится отъ зеркальной поверхности ртути и, встрѣтивъ новые падающіе на пластинку лучи, образуетъ внутри свѣточувствительнаго слоя стоячія волны. Разстояніе между узловыми точками зависитъ отъ цвѣта лучей. Мы уже видѣли при изученіи колебаній струнъ, что узловыя точки на струнахъ не движутся, и что зато между ними происходитъ очень сильное движеніе частей струны, а потому мы должны понять, что въ узловыхъ точкахъ свѣтовыхъ волнъ свѣточувствительный слой испытываетъ лишь незначительное разложеніе или вовсе не разлагается, но что въ области, находящейся между ними, разложеніе соотвѣтственнымъ образомъ усиливается. Въ получающемся при этомъ черномъ осадкѣ серебра долженъ быть рядъ очень тонкихъ слоевъ: тамъ, гдѣ падалъ синій свѣтъ, тамъ эти слои будутъ лежать другъ къ другу ближе, тамъ, гдѣ дѣйствовалъ свѣтъ красный, тамъ этихъ слоевъ будетъ меньше. На первый взглядъ полученная такимъ образомъ пластинка ничѣмъ не отличается отъ обыкновеннаго негатива. Но если отбросить на нее зеркаломъ свѣтъ, то лучи его пройдя между этими слоями и отразившись отъ нихъ, дадутъ стоячія волны какъ разъ той же длины какъ тѣ, которыя вызвали образованіе самихъ слоевъ; если разсматривать негативъ такъ, то мы увидимъ на негативѣ изображеніе предмета въ его натуральныхъ цвѣтахъ. Насколько этотъ способъ интересенъ съ теоретической точки зрѣнія, настолько до сихъ поръ слабы его практическія приложенія. Эти цвѣтныя изображенія до извѣстной степени похожи на старинные дагеротипы, которые вслѣдствіе блеска ихъ поверхности можно было разсматривать лишь подъ однимъ опредѣленнымъ угломъ зрѣнія. Повидимому, не по этому пути пойдетъ въ будущемъ цвѣтная фотографія; вѣроятность развитія этого метода уменьшается еще тѣмъ соображеніемъ, что въ данномъ случаѣ мы идемъ не по тому пути, которому слѣдуетъ природа при воспроизведеніи цвѣтовыхъ впечатлѣній въ нашемъ глазу. Описанный нами выше методъ трехцвѣтнаго печатанія въ этомъ смыслѣ къ природѣ гораздо ближе.

Можно указать въ звуковыхъ явленіяхъ параллель и явленію диффракціи. Э. Томсонъ указалъ, что при внезапномъ сотрясеніи воздуха, который прохо-

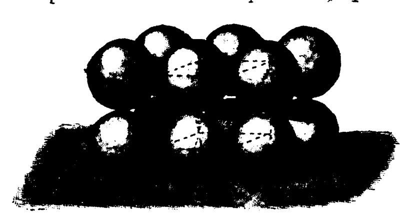
дить, какъ это бываетъ послѣ выстрѣла, сквозь какую-нибудь рѣшетку, напримѣръ, сквозь перила на длинномъ мосту, благодаря взаимодѣйствію встрѣчныхъ звуковыхъ волнъ, слышится весьма высокій звукъ. И если бъ,—думаетъ англійскій физикъ,—внезапное сотрясеніе эѳира могло разбиться также о какую-нибудь рѣшетку, то это вызвало бы свѣтъ.

Прозрачность разныхъ твердыхъ тѣлъ (сюда относится стекло и большинство кристалловъ) объясняется опредѣленностью и правильностью расположенія въ нихъ молекулъ; въ прозрачныхъ тѣлахъ свѣтовыя волны могутъ проходить между молекулами; если же тѣло непрозрачно, то волновое движеніе, проникнувъ въ него хотя бы очень неглубоко, тотчасъ же совершенно прекращается, вслѣдствіе противодѣйствія неправильно расположенныхъ мельчайшихъ молекулярныхъ системъ. Остается лишь то поступательное движеніе атомовъ эѳира, которымъ выполняется, какъ мы увидимъ, работа тяготѣнія. Уже внѣшняя, восхитительная по правильности форма кристалловъ не оставляетъ никакого сомнѣнія въ томъ, что расположеніе молекулярныхъ системъ внутри ихъ, ихъ строеніе, должно соотвѣтствовать тѣмъ геометрическимъ соотношеніямъ, которыя мы видимъ снаружи. Мы можемъ сразу предположить, что между законами геометрическихъ формъ кристалловъ и ихъ физическими и химическими свойствами должно существовать извѣстное соотношеніе. Рядъ наблюденій подтверждаетъ это предположеніе поразительнымъ образомъ.

Формы кристалловъ, которыя природа придаетъ матеріи, когда желаетъ замѣнить обычное ея состояніе (движеніе) образованіемъ болѣе стойкихъ системъ, бываютъ самаго разнообразнаго характера. Болѣе подробно съ этими формулами мы познакомимся позже; мы должны до этого изучить (мы дѣлаемъ это въ отдѣлѣ химіи), особыя свойства веществъ, къ числу которыхъ относится и образованіе кристаллическихъ формъ. Различаютъ кристаллы правильной системы и кристаллы системы неправильной. Къ первой группѣ относятся кристаллы съ осями взаимно перпендикулярными, какіе мы видимъ, напримѣръ, въ кубахъ каменной соли. Къ кристалламъ неправильной системы относятся такіе, у которыхъ, какъ, напримѣръ, у исландскаго известковаго шпата, оси расположены подъ косыми углами. Всѣ кристаллы, какъ бы сложна ни была ихъ форма, построены такъ, что изъ подобныхъ имъ по формѣ уменьшенныхъ копій или копій нѣсколько болѣе упрощеннаго вида, всегда можно сложить самый кристаллъ. Вотъ и простой примѣръ: мы можемъ изъ нѣкотораго числа небольшихъ кубиковъ сложить кубъ нѣсколько большій. Теперь мы уже не раздѣляемъ того устарѣлаго воззрѣнія, согласно которому матерія до мельчайшихъ своихъ частей должна непремѣнно повторять цѣлое; правда, благодаря этому кристаллы, болѣе значительные по величинѣ, могли бы быть очень просто образованы изъ кристалловъ меньшихъ, но мы уже знаемъ, что мельчайшія части матеріи, атомы въ молекулахъ, да и самыя молекулы находятся въ непрестанномъ движеніи и что для этого необходимы между ними большіе промежутки. Но, кромѣ того, мы можемъ предположить, что молекулярныя системы, разнообразныя движенія которыхъ мы не переставая стремимся прослѣдить возможно точнѣе, оказываютъ другъ на друга неизвѣстнымъ намъ образомъ такое вліяніе, что въ совокупности производятъ на насъ впечатлѣніе видимыхъ нами твердыхъ основныхъ формъ. До сихъ поръ все это лишь одни предположенія. Если мы пожелаемъ, какъ мы это обыкновенно дѣлаемъ, подобрать сравненіе изъ области величественнаго мірозданія, то мы должны себѣ представить, что комбинація системъ, состоящихъ изъ шаровъ, одинаковыхъ по величинѣ и описываемымъ ими движеніямъ, представляетъ по кристаллическимъ своимъ свойствамъ кубъ, потому что въ этомъ случаѣ въ просвѣтахъ между соприкасающимися шаровыми областями дѣйствія смежныхъ системъ всегда можно построить кубъ (см. рисунокъ на стр. 264). Мы всегда предполагали, что связи между отдѣльными частичками, составляющими молекулу, всегда крѣпче, нежели связь между отдѣльными составляющими группы молекулами; а понятно, что по направленію воображаемыхъ между точками соприкосновенія молекулярныхъ сферъ поверхностей, выдѣляющихъ, какъ мы уже сказали, нѣкоторые кубы, мельчайшія

части вещества отдѣляются другъ отъ друга легче, чѣмъ по какому-нибудь другому направленію: въ самомъ дѣлѣ, поверхность сѣченія не задѣваетъ сферы дѣйствія молекулъ только въ томъ случаѣ, когда мы ее проводимъ именно въ этомъ направленіи. Такимъ образомъ, если нашъ взглядъ правиленъ, то кристаллъ въ общемъ случаѣ долженъ раскалываться легче всего по направленію своихъ поверхностей, и, дѣйствительно, это свойство присуще только кристалламъ. Но что оказывается правильнымъ по отношенію къ грубому процессу механическаго раскалыванія, то въ принципѣ остается въ силѣ и по отношенію ко всѣмъ остальнымъ физическимъ свойствамъ, потому что по направленію этихъ поверхностей кристаллы всегда будутъ представлять наименьшее сопротивленіе. Основываясь на этомъ, мы и приступимъ къ изслѣдованію оптическихъ свойствъ кристалловъ.

Очевидно, что дѣйствія молекулярныхъ системъ не должны быть ограничены непремѣнно нѣкоторой сферой. Если стать на эту точку зрѣнія, то есть допустить, что поле дѣйствія молекулъ можетъ имѣть форму, отличную отъ сферы, то наша планетная система съ ея орбитами, наклоненными къ нѣкоторой основной плоскости подъ весьма небольшими углами, соотвѣтствовала бы плоскому кристаллическому тѣлу съ нѣсколькими осями. Всѣ другія кристаллическія формы могутъ быть получены путемъ разныхъ сочетаній круговыхъ или эллиптическихъ орбитъ вокругъ нѣкотораго общаго центра тяжести.

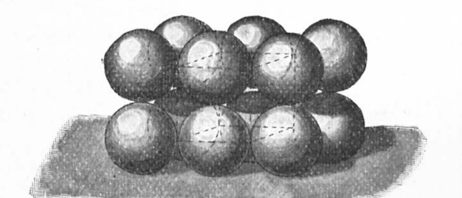

Построеніе куба въ группѣ шаровъ. См. текстъ, стр. 263.

Что же теперь произойдетъ, если направить на расположенныя такими группами молекулярныя системы волны свѣтовыхъ лучей? Если лучъ пойдетъ по направленію главныхъ поверхностей кристалла, то при прохожденіи его встрѣтитъ здѣсь наименьшія препятствія, такъ какъ сопротивленіе тутъ имѣетъ наименьшую величину. Но если лучъ встрѣтитъ гдѣ-либо колеблющуюся частицу молекулы, то это отзовется на его движеніи, то есть температура его измѣнится, и онъ перестанетъ быть свѣтомъ. Вотъ почему ни одно тѣло не бываетъ вполнѣ прозрачнымъ. Если же лучъ падаетъ подъ угломъ къ плоскостямъ спайности кристалла, то онъ проникаетъ въ сферы дѣйствія молекулъ кристалла тѣмъ глубже, чѣмъ косвеннѣе его направленіе по отношенію къ этимъ плоскостямъ; лучъ встрѣчаетъ въ кристаллѣ какъ бы большую шероховатость. Отсюда съ математической послѣдовательностью вытекаютъ во всѣхъ своихъ подробностяхъ всѣ явленія преломленія, подобныя описаннымъ нами выше. То обстоятельство, что жидкости и стекло имѣютъ тѣ же оптическія свойства, что и правильные кристаллы, тотчасъ же разъяснится, если мы предположимъ, что и эти вещества состоятъ изъ шаровидныхъ молекулъ, находящихся на равныхъ разстояніяхъ другъ отъ друга. Въ жидкостяхъ эта шаровидность молекулъ можетъ быть только кажущейся, потому что тутъ онѣ движутся по всѣмъ направленіямъ и, благодаря собственному своему вращенію, пріобрѣтаютъ поле дѣйствія шаровой формы.

l) Поляризація свѣта.

Но описанная нами группировка элементовъ вещества въ кристаллахъ приводитъ еще къ цѣлому ряду другихъ замѣчательныхъ явленій, которыя называются **поляризаціей свѣта** и благодаря которымъ и получены наиболѣе важные выводы относительно особенностей молекулярнаго строенія кристалловъ. Для того чтобы понять эти явленія во всей ихъ широтѣ, намъ необходимо заняться еще подробнѣе тѣмъ родомъ движенія, который мы понимаемъ какъ свѣтовыя волны.

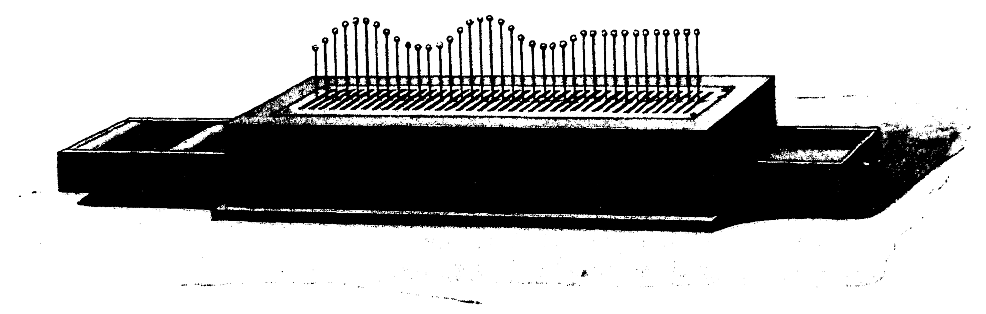
Мы уже не разъ указывали на то, что дающее свѣтъ волнообразное движеніе, которое мы старались уяснить себѣ при помощи сопоставленій съ колебаніями струны, гораздо сложнѣе этихъ колебаній струны. Колебанія струны совершаются въ одной и той же плоскости, колебанія свѣта—колебанія пространствен-



Построеніе куба въ группѣ шаровъ.
См. текстъ, стр. 263.

ныя трехъ измѣреній. Вмѣсто волнообразной линіи получается во второмъ случаѣ линія винтовая. Толщиной этого „свѣтового винта“ опредѣляется сила свѣта, высота волны; разстояніе между отдѣльными витками винта опредѣляетъ собой длину волны, а, стало быть, цвѣтъ луча. Намъ остается теперь изслѣдовать подробнѣе особыя свойства движеній по такого рода винтовымъ линіямъ.

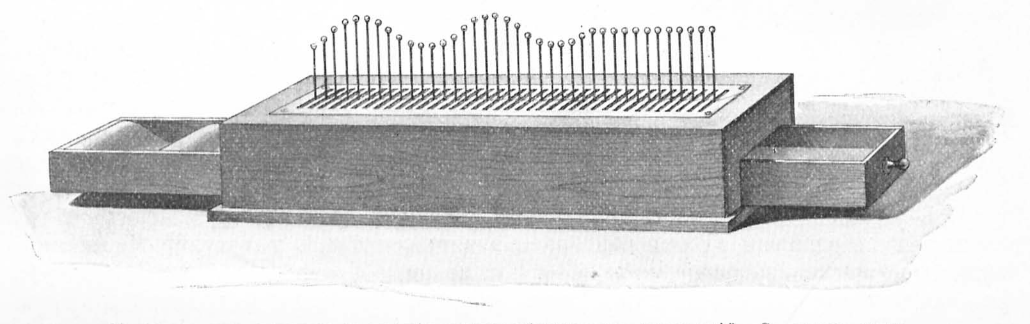
Съ этой цѣлью мы обращаемся къ прибору, служащему для воспроизведенія волнообразныхъ движеній, но только нѣсколько болѣе усовершенствованнаго типа чѣмъ тотъ, который описанъ у насъ на стр. 87. Въ этомъ приборѣ прутья съ пуговками имѣютъ не только движеніе вверхъ и внизъ, но и боковыя движенія, для чего мы помѣщаемъ каждый прутъ въ особую щель, какъ это видно на рисункѣ, помѣщенномъ ниже. Движеніе вверхъ и внизъ достигается путемъ протаскиванія подъ прутьями волнообразной поверхности. Надъ этой поверхностью мы укрѣпляемъ еще одну часть съ прорѣзомъ, представляющимъ изъ себя горизонтальную волнообразную линію (см. рисунки на стр. 266). Прутики при протаскиваніи подъ ними волнообразной поверхности будутъ вынуждены,



Приборъ для воспроизведенія волнообразныхъ движеній. См. текстъ выше.

подымаясь и опускаясь волнами, совершать въ то же время и боковыя движенія. Оба рода соединенныхъ вмѣстѣ движеній этого ряда прутиковъ производятъ совершенно такое же впечатлѣніе, какъ движеніе по винтовой линіи; они вполнѣ соотвѣтствуютъ такому движенію по винту и фактически, если не считать того, что здѣсь нѣтъ поступательнаго движенія, но его мы выключали и въ прежнихъ нашихъ соображеніяхъ по поводу свѣтовыхъ волнъ. Такое движеніе по винтовой линіи мы можемъ разложить на два взаимно перпендикулярныхъ волнообразныхъ движенія, которыя совершаются уже не въ пространствѣ трехъ измѣреній, а каждое въ своей плоскости. Но мы должны не упускать изъ виду, что, сводя наши разсужденія на плоскость, мы смотримъ на эту замѣну лишь какъ на вспомогательный пріемъ, мы поступаемъ такъ только потому, что въ явленіяхъ на плоскости намъ легче разбираться, чѣмъ въ томъ, что происходитъ въ пространствѣ. Свѣтовыя дѣйствія эѳира въ дѣйствительности не слагаются изъ такого рода двухъ составныхъ частей; разложеніе винтового движенія на двѣ взаимно перпендикулярныхъ волны должно только придать большую наглядность нашимъ представленіямъ о свѣтовомъ движеніи эѳира; мы пользуемся здѣсь тѣмъ же пріемомъ, какъ въ главѣ о механикѣ, гдѣ мы разлагали силу, существующую въ природѣ, какъ нѣчто цѣльное, на двѣ и болѣе слагающихъ.

Нашъ приборъ позволяетъ намъ сочетать эти вспомогательныя волнообразныя движенія, совершающіяся въ двухъ плоскостяхъ, разнообразнѣйшими способами. Если высота волны въ обѣихъ плоскостяхъ одна и та же, то каждый прутъ будетъ описывать круговыя орбиты, если высоты этихъ волнъ неодинаковы, то прутья движутся по эллипсамъ; если высота одной изъ волнъ обратится въ нуль, то прутья будутъ двигаться либо вверхъ и внизъ, либо взадъ и впередъ. По нашимъ возрѣніямъ на строеніе молекулярныхъ міровъ, движенія частичекъ эѳира воспроизводятъ соотвѣтственныя движенія атомовъ по ихъ орбитамъ въ молекулахъ, которыя, по нашимъ заимствованнымъ изъ мірозданія представленіямъ, дол-



Приборъ для воспроизведенія волнообразныхъ движеній. См. текстъ выше.

жны двигаться либо по круговымъ орбитамъ, либо по эллиптическимъ. Мысленно разлагая эти движенія на двѣ слагающихъ, мы вносимъ значительныя упрощенія въ свои соображенія по поводу характера, принимаемаго такимъ тѣлеснымъ лучомъ при проникновеніи его въ расположенное слоями кристаллическое тѣло.

Для того чтобы нагляднѣе представить сопротивленіе, встрѣчаемое обѣими сказанными слагающими свѣтовыхъ колебаній при проникновеніи ихъ въ кристаллъ, элементы котораго, то есть его молекулы расположены прямоугольными, взаимно



Вертикальная часть прибора, служащаго для воспроизведенія волнообразныхъ движеній. См. текстъ, стр. 265.

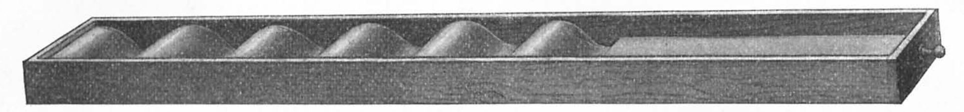
перпендикулярными рядами, попробуемъ продвинуть между рядами этихъ элементовъ какую-нибудь плоскость, напримѣръ, кусокъ картона. Этотъ кусокъ картона, параллельный одному ребру куба и перпендикулярный къ одной изъ его поверхностей, легко проходитъ между двумя имѣющимися здѣсь рядами (см. на рисункѣ на стр. 267 кусокъ А). Точно также проходитъ и кусокъ В; онъ перпендикуляренъ къ первому куску, но также параллеленъ одной изъ поверхностей куба. Отсюда слѣдуетъ, что свѣтовой лучъ, падающій на одну изъ поверхностей кристалла, имѣющаго форму куба, подъ прямымъ угломъ къ ней не встрѣчаетъ замѣтнаго сопротивленія и потому не претерпѣваетъ никакихъ измѣненій. Теперь пусть лучъ встрѣчаетъ поверхность куба подъ острымъ угломъ. Въ этомъ случаѣ наискось поставленный кусокъ картона С будетъ разсѣкать молекулярныя системы, принимаемыя нами за твердыя тѣла, и потому онъ будетъ испытывать со стороны ихъ соотвѣтствующее его наклону сопротивленіе. Если лучъ падаетъ косвенно, то обѣ его слагающихъ испытываютъ воздѣйствіе проходимой ими среды не въ одинаковой мѣрѣ и въ силу этого обнаруживаютъ неодинаковыя свойства. Слагающая, перпендикулярная къ плоскости паденія луча, проникаетъ въ кристаллъ и испытываетъ по причинѣ сопротивленія, оказываемаго средой колебаніямъ, проходящимъ между сферами дѣйствія молекулъ, только преломленіе; съ его свойствами мы уже знакомы.

Зато тѣ частицы эѳира, которыя доходятъ до кристалла подъ вліяніемъ слагающей, лежащей въ плоскости паденія С, имѣютъ гораздо болѣе случаевъ

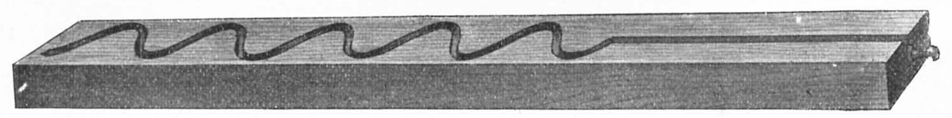


Горизонтальная часть прибора, служащаго для воспроизведенія волнообразныхъ движеній. См. текстъ, стр. 265.

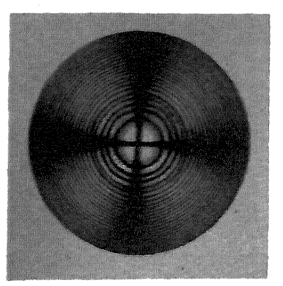
встрѣтиться съ молекулами кристалла при своемъ движеніи впередъ и назадъ; они отразятся отъ молекулъ кристалла по извѣстнымъ намъ правиламъ отраженія ударовъ, приходящихся подъ острымъ угломъ, совпадающимъ по формулировкѣ съ законами отраженія свѣта. Такимъ образомъ мы выяснили причину распаденія наклонно падающаго луча на двѣ части: на лучъ преломленный и лучъ отраженный; въ то же время мы привели теоретическія соображенія, на основаніи которыхъ свѣтовыя волны въ лучѣ отраженномъ должны обладать непремѣнно совершенно особенными свойствами. Колебанія его уже не будутъ совершаться по винтовой линіи, какъ колебанія такъ называемаго естественнаго свѣта, они всѣ перпендикулярны опредѣленной плоскости С, которая параллельна плоскости паденія Е тѣла отражающаго. Про лучъ ab говорятъ, что онъ поляризованъ. (Выраженіе это совершенно неудачно, но оно такъ укоренилось, что врядъ ли возможно замѣнить его лучшимъ). Плоскость С, въ которой перемѣщается поляризованный лучъ и перпендикулярно къ которой направлены его колебанія, носитъ названіе плоскости поляризаціи. На первый



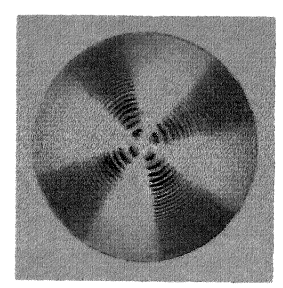
Вертикальная часть прибора, служащаго для воспроизведенія волнообразныхъ движеній.
См. текстъ, стр. 265.



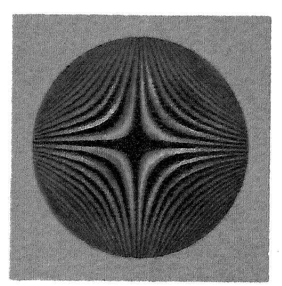
Горизонтальная часть прибора, служащаго для воспроизведенія волнообразныхъ движеній.
См. текстъ, стр. 265.



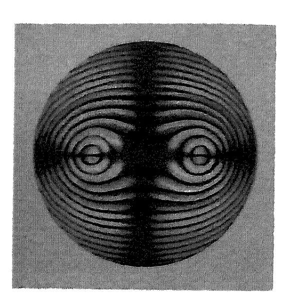
1. Известковый (исландскій шпатъ, черный крестъ.



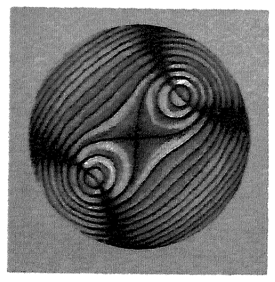
2. Известковый шпатъ, бѣлый крестъ.



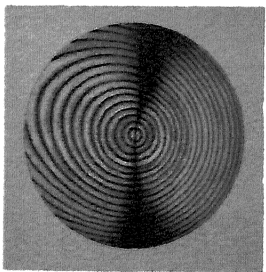
3. Двѣ пластинки, параллельныя оси, накрестъ, гиперболы.



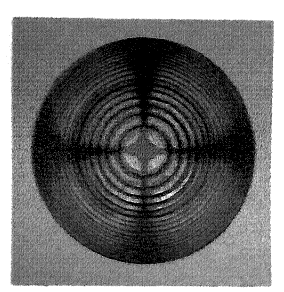
4. Селитра, черный крестъ.



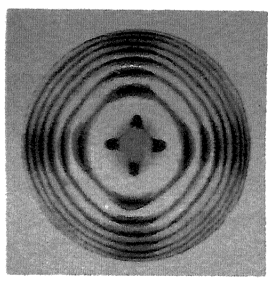
5. Селитра, гиперболы.



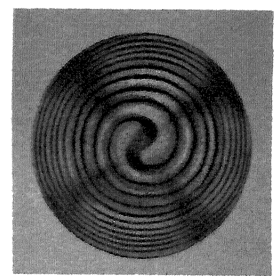
6. Сахаръ, круговыя кольца не вполнѣ правильной формы.



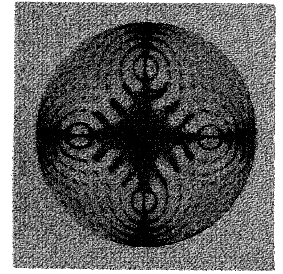
7. Кварцъ, круговыя кольца.



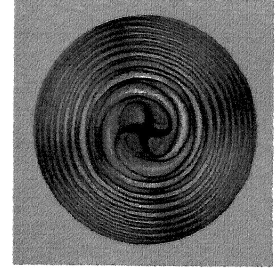
8. Кварцъ, кольца въ видѣ квадратовъ.



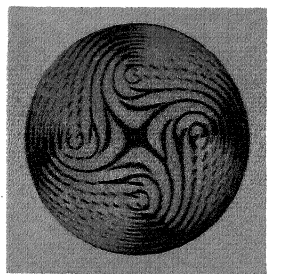
9. Кварцъ, спирали квадратной формы.



10. Арагонитовыя пластинки накрестъ, въ свѣтѣ натрія.



11. Кварцъ, спирали Эйри.



12. Арагонитовыя пластинки накрестъ въ свѣтѣ натрія.

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Хроматическая (цвѣтная) поляризація.

взглядъ поляризованный лучъ ничѣмъ не отличается отъ всякаго другого луча. Но для того, чтобы изслѣдовать проявляемыя имъ свойства, когда онъ поставленъ въ исключительныя условія, надо постараться опредѣлить на основаніи предшествовавшихъ теоретическихъ соображеній, при какихъ условіяхъ поляризація достигаетъ наибольшей величины. Мы уже нашли, что при увеличеніи наклона падающаго луча поляризація увеличивается; съ другой стороны при углѣ паденія въ 90⁰ поляризаціи совершенно не будетъ, потому что колебанія, параллельныя поверхности тѣла, только скользнутъ по ней, а если они и проникнутъ въ кристаллъ, то это будетъ лишь въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ они встрѣтятъ перпендикулярную имъ боковую поверхность куба. Если при углахъ паденія 0^0 и 90^0 не наблюдается никакой поляризаціи, то можно предположить, что она достигаетъ максимальной величины при 45^0. Болѣе точное изслѣдованіе всѣхъ условій этихъ движеній, которому однако мы тутъ не можемъ отвести мѣста, показало бы, что наше предположеніе не вполнѣ правильно; мы увидали бы, что направленія обѣихъ слагающихъ надо отсчитывать отъ направленія луча преломленнаго. Максимумъ поляризація луча (aƀ на чертежѣ, помѣщенномъ ниже) наблюдается въ направленіи (ƀc), перпендикулярномъ къ преломленному лучу (ƀd). Для стекла максимумъ поляризаціи наблюдается при углѣ паденія въ 56^0. Лучъ, отраженный по другую сторону отъ перпендикуляра, возстановленнаго въ точкѣ паденія, образуетъ съ лучомъ, въ тѣлѣ преломленнымъ, прямой уголъ; другими словами, уголъ между этимъ преломленнымъ лучомъ и продолженіемъ перпендикуляра къ поверхности въ точкѣ ƀ равенъ $90^0 - 56^0 = 34^0$.

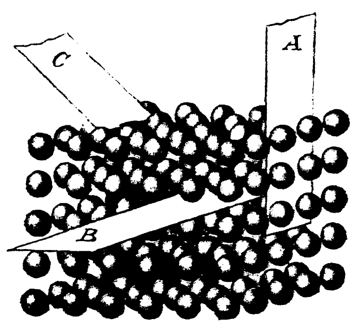
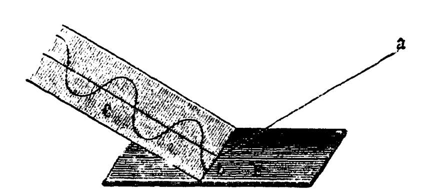
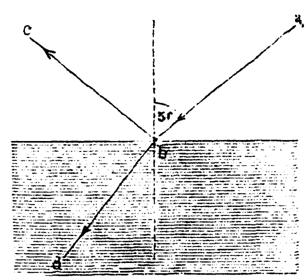


Схема сопротивленій кристалла кубическаго строенія при паденіи на него свѣтовыхъ лучей по различнымъ направленіямъ. См. текстъ, стр. 266.



Свѣтовыя колебанія въ плоскости поляризаціи. См. текстъ, стр. 266.

Для изученія направленій колебаній свѣтовыхъ волнъ въ такомъ поляризованномъ лучѣ, мы можемъ воспользоваться наблюденіями надъ прохожденіемъ его черезъ кристаллъ, форма котораго указываетъ на наиболѣе подходящее нашимъ цѣлямъ расположеніе его молекулъ. Оказывается, что **турмалинъ**, имѣющій видъ продолговатыхъ шестисторонних столбиковъ, производитъ на поляризованный лучъ удивительное дѣйствіе. Если вырѣзать изъ кристалла турмалина тонкую пластинку, такъ чтобы поверхность ея была параллельна геометрической главной оси, проходящей по длинѣ столбика, то обыкновенный свѣтъ проходитъ сквозь нее, не претерпѣвая замѣтныхъ измѣненій, поляризованный же свѣтъ пройдетъ не во всѣхъ случаяхъ. Если лучъ падаетъ на пластинку и отражается отъ нея поляризованнымъ, если при этомъ направленіе оси кристалла перпендикулярно плоскости поляризаціи, то онъ не претерпитъ замѣтныхъ измѣненій; но если теперь, вращая пластинку, уменьшить уголъ между главной осью и плоскостью поляризаціи; то свѣту выйдетъ изъ нея тѣмъ меньше, чѣмъ меньше будетъ этотъ уголъ. Если же ось приметъ положеніе, параллельное плоскости поляризаціи, то пластинка перестанетъ пропускать свѣтъ. Особенно поражаетъ это потому, что пластинка при всякомъ другомъ положеніи прозрачна, а отраженный лучъ представляется нашему глазу такимъ же свѣтовымъ лучомъ, какъ всякій другой лучъ. Мы не



Уголъ наибольшей поляризаціи. См. текстъ выше.

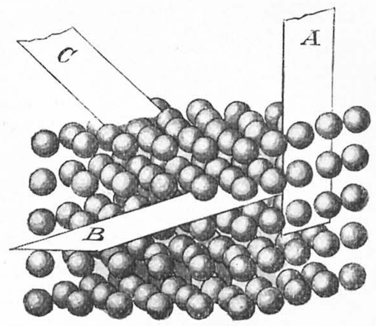
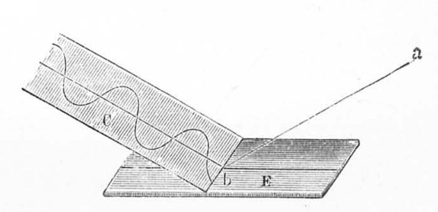
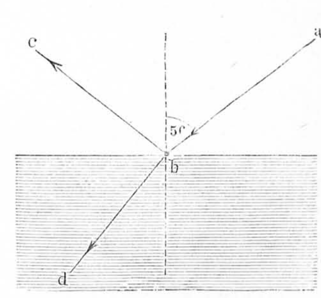


Схема сопротивленій кристалла кубическаго строенія при паденіи на него свѣтовыхъ лучей по различнымъ направленіямъ. См. текстъ, стр. 266.



Свѣтовыя колебанія въ плоскости поляризаціи. См. текстъ, стр. 266.



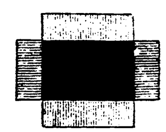
Уголъ наибольшей поляризаціи. См. текстъ выше.

можемъ сразу понять, отчего это при простомъ поворачиваніи имѣющей видъ стекла пластинки въ ея плоскости, то есть въ томъ случаѣ, когда пути луча пластинка не измѣняетъ, степень прозрачности ея постоянно измѣняется. Но явленіе тотчасъ же разъяснится, стоитъ только допустить, что молекулы турмалина группируются въ немъ такъ, что образуютъ по отношенію къ свѣту своего рода рѣшетку. Мы можемъ себѣ представить, что внутри кристалла находятся другъ возлѣ друга меньшіе по величинѣ кристаллы, имѣющіе одну и ту же форму и ребрами своими расположенные вдоль по длинѣ большого кристалла. Черезъ получающуюся такимъ образомъ рѣшетку проходятъ только тѣ лучи, плоскость колебаній которыхъ совпадаетъ по направленію съ полосами рѣшетки; тѣ волны, которыя ударяются о рѣшетку поперекъ ея прутьевъ, встрѣчаютъ въ нихъ при своемъ движеніи и впередъ и назадъ достаточно большое сопротивленіе. Поэтому турмалинъ пропускаетъ только тѣ сорта поляризованнаго свѣта, плоскости колебаній которыхъ параллельны главной оси кристалла, но онъ попрежнему вполнѣ прозраченъ для свѣта, колеблющагося во всѣхъ плоскостяхъ. Если это объясненіе правильно, то поляризованный свѣтъ можно получить прямо при посредствѣ одной только турмалиновой пластинки, потому что она, какъ рѣшетка, будетъ пропускать только одного рода волны, тѣ, которыя совершаютъ колебанія въ плоскостяхъ, параллельныхъ направленію ея прутьевъ. Въ самомъ дѣлѣ пропустимъ обыкновенный лучъ черезъ одну турмалиновую пластинку и затѣмъ примемъ его на другую; эта вторая пластинка, если обѣ оси ихъ будутъ расположены накрестъ, его погаситъ (см. чертежи на стр. 269); но если оси другъ другу параллельны, то лучъ пройдетъ сквозь пластинки безпрепятственно.

При оптическомъ изслѣдованіи кристалловъ особое значеніе получаетъ такъ называемый исландскій известковый шпатъ; этотъ въ настоящее время весьма рѣдко встрѣчающійся минералъ находятъ въ видѣ достаточно большихъ и чистыхъ кристалловъ, кромѣ прославленнаго благодаря ему грота въ Исландіи, лишь въ очень немногихъ мѣстахъ. Кристаллы эти имѣютъ форму, носящую въ стереометріи названіе ромбоедра. Въ природѣ прозрачный известковый шпатъ въ такой формѣ попадается рѣдко. Но изъ получившихся въ природѣ кристалловъ при помощи откалыванья кусковъ можно приготовить кристаллъ совершенно правильной формы; мы знаемъ, что откалываніе совершается наилегчайшимъ образомъ въ тѣхъ плоскостяхъ, по направленію которыхъ расположены внутри матеріальныя частицы, воспроизводящія ту или другую основную форму. Шесть граней такого ромбоедра изъ известковаго шпата наклонены другъ къ другу всегда подъ косыми углами. Въ двухъ изъ восьми трегранныхъ его угловъ сходятся по три тупыхъ угла; каждый изъ нихъ равенъ 101°53′. Въ каждомъ остальномъ углѣ сходятся одинъ тупой и два острыхъ угла. Такимъ образомъ, ромбоедръ представляетъ собой какъ бы кубъ, который сдвинутъ въ сторону по каждому изъ трехъ его измѣреній.

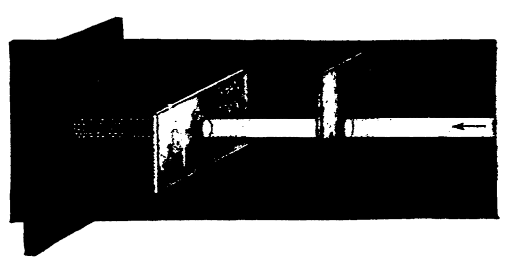
Въ связи съ этимъ смѣщаются внутри его и свѣтовые лучи, но дѣйствіе этого смѣщенія для человѣка непривычнаго поразительно. Если такой кристаллъ положить на какой-нибудь рисунокъ, то мы увидимъ два такихъ рисунка (см. рис. на стр. 270). Какъ бы мы ни поворачивали кристаллъ на поверхности рисунка, намъ никогда не удастся свести оба изображенія въ одно мѣсто; одно изображеніе будетъ только обращаться около другого, остающагося неподвижнымъ на своемъ мѣстѣ. Отсюда мы заключаемъ, что лучъ ab, падающій на одну изъ поверхностей кристалла, раскалывается на два луча bc и bd, изъ которыхъ bc преломился обычнымъ путемъ, какъ въ правильныхъ кристаллахъ или въ стеклѣ; такой лучъ носитъ названіе луча обыкновеннаго; другой лучъ bd лучъ необыкновенный отклоненъ на вполнѣ опредѣленный уголъ и направленъ параллельно одной изъ плоскостей известковаго шпата (см. чертежъ на стр. 271). Въ этомъ положеніи, какъ бы мы ни вращали кристаллъ, лучъ и останется. Если, напротивъ того, кристаллъ поставить бокомъ, то оба луча либо приблизятся, либо удалятся другъ отъ друга и могутъ даже совпасть, когда падающій лучъ параллеленъ той же плоскости, что и лучъ необыкновенный.

Мы поймемъ это странное явленіе немедленно, если прибѣгнемъ къ своимъ воззрѣніямъ на строеніе кристалловъ. Итакъ представимъ себѣ, что известковый шпатъ состоитъ изъ молекулярныхъ системъ сфероидальной формы, приблизительно, стало быть, той формы, какую имѣетъ наша солнечная система. надо только принять, что орбиты планетъ-атомовъ нѣсколько болѣе продолговаты. Если теперь размѣстить эти системы одну возлѣ другой, по возможности экономя въ мѣстѣ. то онѣ будутъ расположены одна надъ другой не по отвѣсу, онѣ будутъ нѣсколько выступать одна надъ другой; поверхности, которыя можно продвинуть между сферами дѣйствія такихъ группъ при наименьшемъ сопротивленіи, уже не будутъ взаимно-перпендикулярными поверхностями, какъ въ кубѣ и другихъ правильныхъ кристаллическихъ формахъ, теперь онѣ будутъ образовать одна съ другой углы различной величины, чѣмъ объясняется и самая форма кристалла. Въ числѣ этихъ угловъ долженъ быть и острый уголъ; падающій лучъ тутъ распадается на двѣ части, которыя далѣе направляются каждая по одной изъ двухъ плоскостей наименьшаго сопротивленія. Въ этомъ раскалываніи луча на двѣ части мы снова имѣемъ случай разложенія первоначальнаго винтообразнаго движенія свѣтовыхъ волнъ на волнообразное движеніе въ плоскостяхъ, подобно тому, какъ это бываетъ при преломленіи и отраженіи; лучъ необыкновенный проходитъ здѣсь сквозь нѣкоторую плоскость, и потому колебанія его могутъ совершаться лишь въ этой плоскости; точно также поляризованъ и другой лучъ, лучъ обыкновенный, и плоскости ихъ колебаній взаимно перпендикулярны. Изслѣдованіе турмалинами подтверждаетъ эти соображенія.



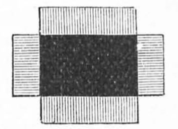
Поляризованный свѣтъ въ турмалинахъ, поставленныхъ накрестъ. См. текстъ. ст. 268.

Описаннымъ свойствомъ известковаго шпата пользуются по премуществу для полученія поляризованнаго свѣта. Съ этой цѣлью склеиваютъ при помощи канадскаго бальзама двѣ призмы съ опредѣленными углами, вырѣзанныя изъ ромбоедровъ известковаго шпата. На чертежѣ, помѣщенномъ на стр. 271, эта плоскость раздѣла обозначена буквами НН. Падающій лучъ въ точкѣ b распадается на обыкновенный лучъ bc и необыкновенный be. Первый лучъ въ точкѣ c отражается отъ плоскости склейки, выходитъ изъ первой призмы въ сторону и во вторую призму совсѣмъ не проходитъ; во вторую призму попадаетъ лишь необыкновенный лучъ; выйдя изъ ея основанія, онъ можетъ быть примѣненъ для той или другой надобности. Такая комбинація призмъ носитъ названіе николевой призмы. Двѣ такихъ призмы соединяютъ при устройствѣ такъ называемаго поляризаціоннаго аппарата. Черезъ первый „николь“, поляризаторъ (на нашемъ чертежѣ, стр. 272, P), пропускаютъ естественный лучъ и такимъ образомъ его поляризуютъ: между этимъ николемъ и другимъ, анализаторомъ, A, ставятъ въ S вещество, оптическія свойства котораго собираются изслѣдовать. Поляризаторъ оставляютъ стоять неподвижно, анализаторъ, напротивъ того, устроенъ такъ, что его можно вращать вокругъ продольной его оси.

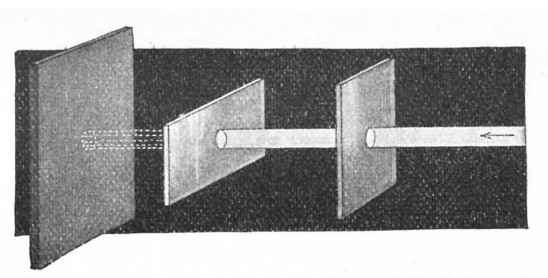


Ходъ луча въ турмалинахъ, поставленныхъ накресть. См. текстъ, стр. 268

Изъ предыдущаго мы легко можемъ сообразить, что лучъ, выходящій изъ поляризатора, пройдетъ безпрепятственно и сквозь анализаторъ, надо только, чтобы оси кристалловъ, а, стало быть, и поверхности, пропускающія свѣтъ въ обоихъ николяхъ, были бы другъ другу параллельны. Но стоитъ повернуть анализаторъ на 90^0 (плоскости поляризаціи при этомъ будутъ поставлены накрестъ), и свѣтъ перестанетъ проходить. Допустимъ, что части въ приборѣ расположены такъ, какъ мы только что сказали, и вставимъ между николями обыкновенную плоскопараллельную стеклянную пластинку; она, очевидно, имѣетъ по всѣмъ



Поляризованный свѣтъ въ турмалинахъ, поставленныхъ на крестъ. См. текстъ, ст . 268.



Ходъ луча въ турмалинахъ, поставленныхъ на кресть. См. текстъ, стр. 268

направленіямъ одинъ и тотъ же показатель преломленія, она однородна; это слѣдуетъ изъ того, что она пропускаетъ всѣ сорта свѣта безпрепятственно, при чемъ свѣтъ даже не претерпѣваетъ преломленія. Но совершенно не то получится если сжать стеклянную пластинку, напримѣръ, между винтами (см. рисунокъ на стр. 273). Въ этомъ случаѣ мельчайшія частицы стекла должны извѣстнымъ образомъ сблизиться, и характеръ этого сближенія зависитъ отъ того, какъ приложено давленіе: масса стекла въ однѣхъ частяхъ его будетъ имѣть бо́льшую плотность, нежели въ другихъ, поэтому измѣнится и его показатель преломленія, теперь стекло уже не будетъ однороднымъ. При разсматриваніи непосредственно глазомъ, если только сжатіе не очень велико, мы можемъ ничего не замѣтить; совсѣмъ не то будетъ если внести такое стекло въ поляризаціонный аппаратъ. Проходя черезъ него, поляризованный свѣтъ преломится. Мы увидимъ въ анализаторъ, что стекло окрашено въ разные цвѣта, располагающіеся по нему въ зависимости отъ плотностей различныхъ его частей; у насъ на приложеніи „Цвѣтовыя явленія“ (стр. 259) на фигурѣ 5 подобный случай и воспроизведенъ. Если мы станемъ вращать анализаторъ, то цвѣтъ окраски начнетъ измѣняться, и при углѣ поворота въ 90^{0}, по сравненію съ прежнимъ положеніемъ, цвѣта переходятъ въ дополнительные. Такимъ образомъ поляризація не вполнѣ уничтожаетъ свѣтъ, испытавшій преломленіе. Можно показать, что этотъ фактъ является прямымъ необходимымъ геометрическимъ слѣдствіемъ нашихъ основныхъ соображеній. Отсюда мы видимъ, что изслѣдованіе въ поляризованномъ свѣту представляетъ собой превосходное средство при испытаніи различныхъ сортовъ стекла на ихъ оптическую однородность, что является первымъ условіемъ при устройствѣ по возможности безупречныхъ оптическихъ инструментовъ, независимо отъ ихъ рода.



Двойное лучепреломленіе въ исландскомъ шпатѣ. Изъ „Книги изобрѣтеній“. См. текстъ, стр. 268.

Спайность кристалловъ, въ связи съ описанными оптическими ихъ свойствами, показываетъ намъ, что внутри кристалла сопротивленіе по отношенію ко всякого рода движеніямъ измѣняется по извѣстнымъ геометрическимъ законамъ. Вотъ почему это сказывается и на значеніяхъ показателей преломленія въ разныхъ частяхъ кристалла. Въ различныхъ частяхъ кристалла плотность неодинакова, и потому въ сходящемся свѣтѣ въ поляризаціонномъ аппаратѣ мы видимъ цвѣтовую окраску подобную видѣнной нами въ сжатомъ стеклѣ. Если взять пластинку исландскаго шпата, вырѣзанную перпендикулярно къ его оси, и помѣстить ее между николями, поставленными накрестъ, то при соотвѣтственномъ соотношеніи проходящихъ сквозь нее лучей получится то великолѣпное явленіе окрашиванія, которое изображено у насъ на приложеніи „Хроматическая поляризація“ (къ стр. 266), гдѣ воспроизведены сверхъ того явленія, наблюдаемыя въ аналогичныхъ условіяхъ въ другихъ кристаллахъ. Мы видимъ тутъ цвѣтныя кольца, подобныя ньютоновымъ, пересѣченныя темнымъ крестомъ. При вращеніи анализатора цвѣта измѣняются, и свѣтлыя части окрашенной фигуры переходятъ въ темныя. Въ такъ называемыхъ одноосныхъ кристаллахъ въ этихъ фигурахъ имѣется лишь одинъ центръ, въ двуосныхъ же кристаллахъ—два. На основаніи характера этихъ фигуръ можно опредѣлить при помощи математическихъ выкладокъ точнѣйшимъ образомъ группировку матеріальныхъ частицъ внутри кристалла. Такимъ образомъ явленіе поляризаціи позволяетъ намъ заглянуть въ самую глубь этихъ міровыхъ системъ наименьшаго по размѣрамъ порядка.

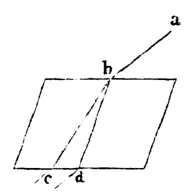
Мы уже раньше сказали (стр. 264), что, по своимъ оптическимъ свойствамъ, стекло и жидкости сходны съ правильными кристаллами; между прочимъ, въ нихъ не наблюдается того двойного лучепреломленія, которое замѣчается въ исландскомъ шпатѣ. Теперь мы должны внести въ это положеніе ограниченіе: такими простыми оптическими свойствами обладаютъ только растворы неорганическихъ веществъ;



Двойное лучепреломленіе въ исландскомъ шпатѣ. Изъ „Книги изобрѣтеній“. См. текстъ, стр. 268.

многія органическія вещества, въ которыхъ молекулярное строеніе сложнѣе, нежели въ веществахъ неорганическихъ, въ томъ числѣ растворы сахара, обладаютъ замѣчательнымъ свойствомъ вращать плоскость поляризаціи.

Они вращаютъ плоскость поляризаціи поляризованныхъ лучей, проходящихъ черезъ ихъ толщу, тѣмъ сильнѣе, чѣмъ выше ихъ концентрація. Поэтому можно употреблять для опредѣленія содержанія сахара въ растворахъ поляризаціонные аппараты; спеціально предназначенный и конструированный для этой цѣли приборъ носитъ названіе **сахариметра** (см. рисунокъ на стр. 273). Стоитъ повернуть его анализаторъ r, и мы сразу получаемъ возможность прочесть на особой имѣющейся въ приборѣ шкалѣ процентное содержаніе сахара въ изслѣдуемомъ растворѣ.

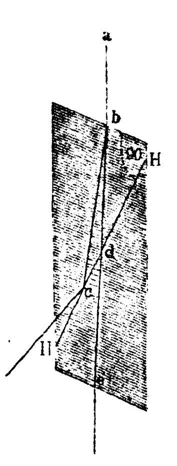


Лучи обыкновенный и необыкновенный въ исландскомъ шпатѣ. См. текстъ, стр. 269.

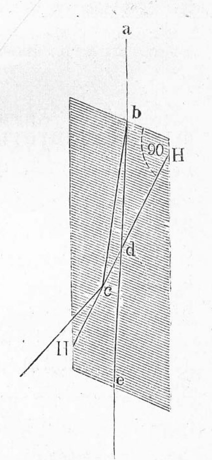
Что матеріалъ, изъ котораго выстроены удивительно организованныя машины живой природы, отличается совершенно особыми свойствами отъ косной матеріи неорганическаго міра, видно по тѣмъ оптическимъ явленіямъ, которыя мы наблюдаемъ въ **хлорофиллѣ**; это таинственнѣйшее и наиболѣе важное изъ органическихъ соединеній, какъ извѣстно, является зеленымъ красящимъ веществомъ листьевъ и въ присутствіи свѣта, и только при наличности этого условія, освобождаетъ изъ углекислоты, выдыхаемой животными, заключающійся въ ней кислородъ; благодаря этой функціи его поддерживается весь круговоротъ органическаго бытія, только благодаря дѣйствію хлорофилла становится возможной вся непрекращающаяся жизнедѣятельность живого міра. Нѣтъ другого химическаго процесса, который могъ бы выдѣлить кислородъ, израсходованный во время сгаранія угля. Да и самъ хлорофиллъ можетъ выполнить эту задачу лишь при неизвѣстномъ намъ по характеру содѣйствіи свѣта, волны котораго, проникая въ его составъ, его разлагаютъ, какъ при процессѣ фотографированія лучи, проникающіе въ слой, содержащій соли серебра. Въ отдѣлѣ химіи мы еще будемъ говорить объ этомъ своеобразномъ, необходимомъ для всѣхъ живыхъ существъ веществѣ.

m) Флюоресценція, фосфоресценція, химическое дѣйствіе свѣта.

Обыкновенно, растворъ хлорофилла представляется намъ зеленымъ. Но если пропустить черезъ толщу его бѣлый лучъ, то, при разсмотрѣніи сбоку, путь, проходимый въ растворѣ этимъ лучомъ, окрасится въ красный цвѣтъ, то есть въ цвѣтъ дополнительный зеленому. Если же по выходѣ луча изъ раствора, мы примемъ этотъ лучъ прямо глазами, то онъ будетъ все-таки зеленаго цвѣта. Обыкновенно, зеленые растворы поглощаютъ волны всѣхъ другихъ цвѣтовъ, образующія бѣлый лучъ, и причитающаяся на ихъ долю энергія движенія переходитъ въ другія невидимыя молекулярныя движенія, по большей части расходуется на согрѣваніе раствора; хлорофиллъ же превращаетъ всѣ эти поглощенные лучи опять таки въ свѣтъ; каждая изъ его молекулъ начинаетъ какъ бы сама собой свѣтиться и посылается во всѣ стороны свѣтъ этого дополнительнаго цвѣта. Внутримолекулярные процессы, обусловливающіе явленіе такъ называемой флюоресценціи, до сихъ поръ не выяснены; пользуясь этимъ случаемъ, вспомнимъ еще разъ, что всѣ наши заключенія о дѣйствительномъ характерѣ совершающихся движеній въ области этихъ молекулярныхъ міровыхъ системъ, — однѣ гипотезы, гипотезы, которыя пріобрѣтаютъ все большій и большій вѣсъ, благодаря разнымъ аналогіямъ и тѣмъ предсказаніямъ о новыхъ видахъ явленій, которыя намъ удалось сдѣлать на основаніи однихъ этихъ общихъ предположеній. Для объясненія флюоресценціи мы можемъ предположить только одно: очевидно, въ ряду молекулярныхъ движеній, совершаемыхъ извѣстнаго рода системой атомовъ, есть такія, которыя



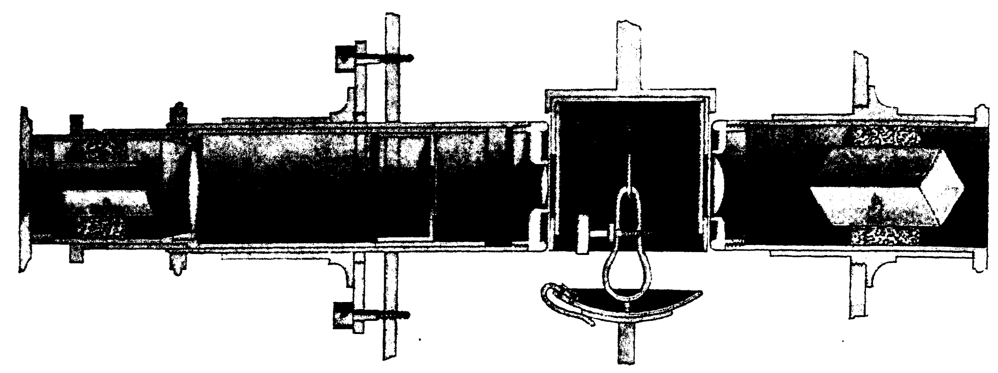
Николева призма. См. текстъ, стр. 269.



Николева призма. См. текстъ, стр. 269.

при небольшомъ притокѣ энергіи превращаются въ видимыя колебанія. Такія жидкости, такія твердыя тѣла имѣютъ полосатые спектры поглощенія; стало быть, въ нихъ уже имѣются колебанія, соотвѣтствующія волнамъ самой разнообразной длины. Мы уже раньше видѣли, что въ спектрѣ твердаго тѣла, которое нагрѣвается все сильнѣе и сильнѣе, появляются по порядку мало-по-малу всѣ цвѣта, начиная отъ краснаго и кончая фіолетовымъ. Поглощеніе свѣта, такъ какъ при этомъ тѣло нагрѣвается, должно ознаменоваться, въ сущности говоря, совершенно подобнымъ явленіемъ, но количество энергіи, участвующей въ этомъ процессѣ, такъ невелико, что сколько-нибудь замѣтныхъ результатовъ не получается.

Флюоресценція наблюдается, кромѣ хлорофилла, еще въ цѣломъ рядѣ другихъ органическихъ и неорганическихъ веществъ. Само явленіе получило свое имя отъ плавиковаго шпата (флюоръ), который въ проходящемъ свѣтѣ—свѣтлозеленаго цвѣта, а свѣтъ выходящій во всѣ стороны изнутри его, вслѣдствіе происшедшаго съ нимъ тамъ превращенія, пріобрѣтаетъ цвѣтъ темноголубой. Желтый керосинъ

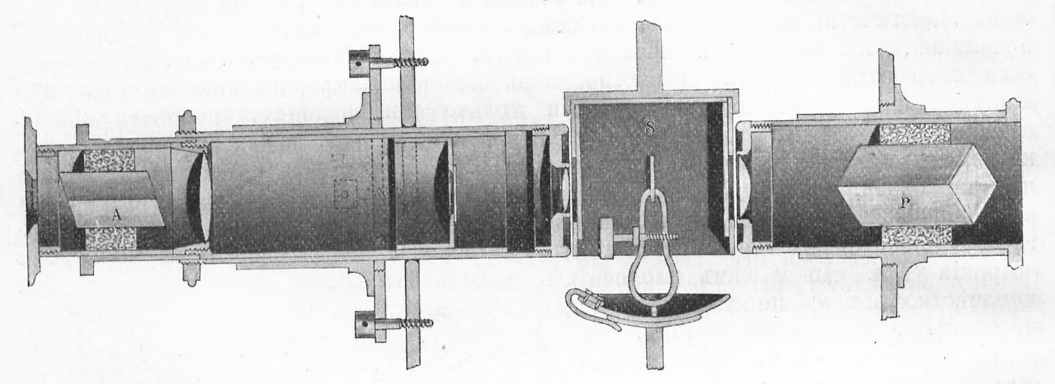


Поляризаціонный аппаратъ. См. текстъ, стр. 269.

флюоресцируетъ синеватымъ цвѣтомъ, желтый уранъ, въ видѣ примѣси къ стекляной массѣ, флюоресцируетъ зеленымъ цвѣтомъ, чрезвычайно красивъ зеленый цвѣтъ флюоресцирующаго краснаго эозина (фиг. 6 на нашей таблицѣ „Цвѣтовыя явленія“ стр. 259). Свѣченіе флюоресцирующаго вещества особымъ цвѣтомъ основывается на поглощеніи свѣта другого рода, а потому свѣтовой лучъ, прошедшій черезъ такое вещество, уже не долженъ вызвать во второй разъ явленій, подобныхъ имъ уже произведеннымъ; такъ въ дѣйствительности и оказывается.

Очень красиво это явленіе въ платино-синеродистомъ баріи; имъ пользуются для превращенія невидимыхъ ультра-фіолетовыхъ лучей въ свѣтъ меньшей преломляемости, то есть для превращенія въ фіолетовые лучи. Объ этомъ свойствѣ этого соединенія мы уже говорили на стр. 233.

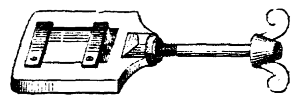
Есть еще одно характерное свѣтовое явленіе, которое, несомнѣнно, связано съ флюоресценціей. Многія тѣла получаютъ способность свѣтиться въ темнотѣ, если ихъ подвергнуть передъ тѣмъ въ теченіе долгаго времени дѣйствію яркаго свѣта. Къ числу такихъ тѣлъ принадлежитъ, какъ извѣстно, алмазъ; то же явленіе наблюдается въ соединеніяхъ сѣры съ другими элементами. Это свѣченіе можно сравнить съ послѣдующимъ звучаніемъ приведенной въ движеніе струны. Поглощенный, но не превратившійся въ теплоту, свѣтъ вызываетъ флюоресценцію не сразу, и потому немного времени спустя послѣ того, какъ дѣйствіе падающаго свѣта уже прекратилось, излученіе все еще замѣчается. Но продолжительность этой такъ называемой **фосфоресценціи** очень невелика. По большей части, хорошо видна бываетъ она тогда, когда глазъ побудетъ долгое время въ темнотѣ и пріобрѣтетъ благодаря этому особую чувствительность, а вещество, подвергаемое „инсоляціи“ быстро переносятъ изъ освѣщеннаго мѣста въ совершенно темное мѣсто; при этихъ условіяхъ мы видимъ нѣсколько секундъ это явленіе совершенно отчетливо, а слѣды его можно наблюдать еще въ теченіе нѣсколькихъ минутъ.



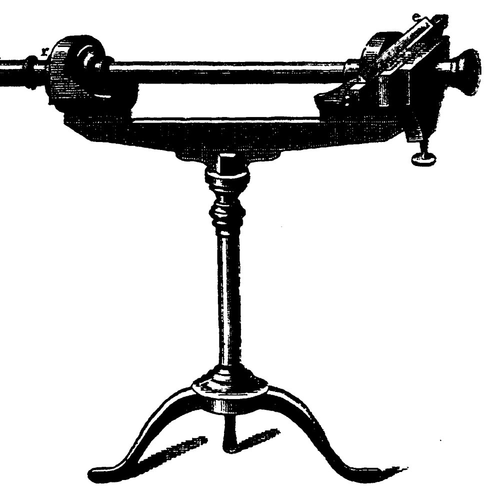
Поляризаціонный аппаратъ. См. текстъ, стр. 269.

Цвѣтъ фосфоресценціи зависитъ отъ свѣта, падавшаго на вещество; онъ связанъ съ этимъ свѣтомъ тѣми же соотношеніями, какъ свѣтъ флюоресцирующаго вещества съ цвѣтомъ лучей, черезъ него проходящихъ.

Но необходимо теперь же упомянуть, что свѣченіе фосфора въ темнотѣ, свѣченіе, давшее свое имя всему ряду описанныхъ нами явленій, вовсе къ нимъ не относится. Свѣченіе фосфора является сопутствующимъ явленіемъ процесса химическаго, процессовъ окисленія, сгаранія, сопровождающихся очень часто свѣтовыми эффектами.

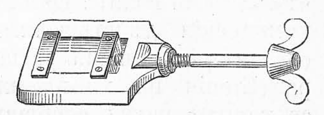

Сжатая стеклянная пластинка. См. текстъ, стр. 270.

Для пониманія сущности процесса фосфоресценціи съ нашей точки зрѣнія особый интересъ представляетъ то обстоятельство, что нѣкоторыя вещества, въ особенности же плавиковый шпатъ (и алмазъ), начинаютъ фосфоресцировать не только тогда, когда ихъ предварительно подвергаютъ дѣйствію свѣта, но и въ томъ случаѣ, когда ихъ только нагрѣваютъ, причемъ необходимо, чтобы при этомъ нагрѣваніи они не раскаливались. Отсюда мы видимъ, что энергія, сообщаемая нами въ формѣ теплоты, все-таки можетъ непосредственно вызвать явленія свѣтовыя, въ то время, какъ въ явленіи фосфоресценціи поглощенная веществомъ свѣтовая энергія, которая въ другихъ условіяхъ превратилась бы въ теплоту, возбуждаетъ совершенно такія же волны свѣтовыя. Возможно, правда, и то, что въ флюоресцирующихъ тѣлахъ сначала происходитъ, какъ всегда, превращеніе поглощеннаго свѣта въ теплоту, но только теплота эта въ этой формѣ не остается, а тотчасъ же превращается въ новое свѣтовое движеніе. Такъ какъ теплота (кромѣ лучистой) требуетъ для своего распространенія гораздо больше времени, чѣмъ свѣтъ, то для насъ совершенно понятно, что фосфоресценція можетъ быть послѣдѣйствіемъ явленія флюоресценціи.


Сахариметръ Солейля. См. текстъ, стр. 271.

Въ совершенно новомъ свѣтѣ предстали всѣ эти явленія фосфоресценціи съ тѣхъ поръ, какъ узнали, что характеризующійся чрезвычайно незначительной длиной волны свѣтъ, котораго мы уже даже не видимъ, вызываетъ и этого рода свѣченія. Позже, въ главѣ о новыхъ лучахъ, мы увидимъ, что не одинъ только ультра-фіолетовый свѣтъ, но и нѣкоторыя дѣйствія электричества и загадочнаго радія возбуждаютъ эти короткія эѳирныя волны, въ которыхъ начинаютъ чудесно свѣтиться многія вещества.

О химическихъ дѣйствіяхъ свѣта мы уже говорили неоднократно, именно, мы указали ихъ роль въ процессѣ фотографированія. Если оставить въ сторонѣ его поддерживающую жизнь функцію, его участіе въ процессѣ разложенія углекислоты хлорофилломъ, мы должны отмѣтить, что свѣтъ является неизбѣжнымъ условіемъ всюду, гдѣ созидается жизнь, хотя въ большинствѣ случаевъ отъ нашего глаза, привыкшаго замѣчать только окончательные результаты, эта сторона дѣятельности свѣта можетъ и ускользнуть. (См., что сказано по этому поводу на стр. 41). Въ нѣкоторыхъ случаяхъ свѣтъ можетъ явиться причиной совершенно неожиданныхъ по быстротѣ и силѣ дѣйствій; такъ дѣйствуетъ, напримѣръ, онъ на гремучій хлорный газъ, который на свѣту взрываетъ съ большой силой. Но всѣ такого рода дѣйствія производятся, по большей части, фіолетовыми и ультрафіолетовыми лучами; лучи, характеризующіеся бо́льшими длинами волны, об-



Сжатая стеклянная пластинка. См. текстъ, стр. 270.

Сахариметръ Солейля. См. текстъ, стр. 271.

ладаютъ или очень слабымъ химическимъ дѣйствіемъ, или совершенно лишены его. На стр. 275 помѣщена у насъ кривая химическихъ дѣйствій свѣта въ разныхъ частяхъ обыкновеннаго спектра. Лишь съ желтой линіи D начинается очень слабое дѣйствіе; въ зеленомъ цвѣтѣ она начинаетъ сразу быстро подыматься и достигаетъ максимума въ концѣ видимаго спектра (H) и затѣмъ въ ультрафіолетовой части снова, но замѣтно медленнѣе, ослабѣваетъ; эту спеціальную химическую способность мельчайшихъ волнъ мы уже раньше отмѣчали и приписывали ее тому обстоятельству, что онѣ легче, чѣмъ другія волны, проникаютъ въ атомную ткань молекулъ и легче ее разрываютъ; химическія дѣйствія ихъ, по большей части, сводятся къ раздѣленію: болѣе сложныя соединенія распадаются на болѣе простыя, часто распаденіе доходитъ до раздѣленія на химическіе элементы. Очень быстрыя колебанія мельчайшихъ свѣтовыхъ волнъ сообщаютъ мелкимъ атомамъ, описывающимъ въ молекулярныхъ системахъ свои орбиты, столь большія скорости, что силы притяженія, которая располагаетъ эти системы, не хватаетъ, чтобы ихъ удержать. Мы видимъ, что и въ этомъ случаѣ, подобно тому, какъ это было въ явленіяхъ фосфоресценціи и флюоресценціи, свѣтъ тотчасъ же превращается не въ тепловыя движенія, а въ болѣе высокую форму энергіи.

Итакъ, мы видимъ, что свѣтъ является источникомъ такого рода химическихъ процессовъ, которые оказываются для органическаго міра чрезвычайно благодѣтельными; мы въ правѣ предположить, что въ мірѣ живой природы должно имѣть мѣсто и обратное явленіе, то есть, что въ тѣлахъ животныхъ или тканяхъ растеній должны совершаться разнообразные химическіе процессы, сопровождающіеся свѣтовыми явленіями, подобно тѣмъ тепловымъ колебаніямъ, которыя занимаютъ въ обиходѣ живыхъ организмовъ видное мѣсто. Но при болѣе внимательномъ разсмотрѣніи этого вопроса, мы тотчасъ же наталкиваемся на такого рода затрудненіе. Всякій свѣтъ, искусственно производимый нами при помощи химическихъ процессовъ, то есть путемъ сжиганія горючихъ веществъ, равно какъ и свѣтъ, излучающійся изъ свѣтящихся самостоятельнымъ блескомъ свѣтилъ, несетъ съ собой тепловые лучи; эти тепловые лучи приносятъ немалый вредъ уже въ дѣлѣ искусственнаго освѣщенія, не говоря о томъ, что при этомъ затрачивается непроизводительнымъ образомъ масса энергіи: для полученія большихъ тепловыхъ волнъ нужно гораздо больше энергіи, чѣмъ для одного только свѣченія. Эти большія тепловыя волны дѣйствуютъ на органическую ткань разрушающимъ образомъ: организмы въ нашемъ искусственномъ свѣту сгораютъ. Если организмы дѣйствительно могутъ выдѣлять изъ себя свѣтъ, то этотъ свѣтъ будетъ состоять изъ волнъ длинъ высокаго порядка; въ немъ не будетъ ни красныхъ лучей, ни тепловыхъ лучей, онъ долженъ быть синяго или зеленоватаго цвѣта. Мы знаемъ, что такъ оно и есть. Въ органической природѣ гораздо чаще встрѣчается такого рода свѣченіе, чѣмъ думали до самаго недавняго времени; мы знали еще не такъ давно всего лишь нѣсколько видовъ свѣтящихся насѣкомыхъ, свѣченіе тлѣющаго дерева, да блуждающіе огни въ лѣсу. Мы уже раньше упомянули, что при изслѣдованіи глубинъ океана было поднято со дна его множество животныхъ, проводящихъ свой вѣкъ въ вѣчномъ мракѣ; животныя эти надѣлены очень сильными свѣтящимися органами и съ помощью ихъ находятъ себѣ дорогу (см. приложеніе „Свѣтящіяся животныя въ океанѣ“); свѣченіе поверхности моря объясняется присутствіемъ миріадъ свѣтящихся бактерій; въ послѣднее время научились изготовлять изъ этихъ мельчайшихъ свѣтящихся организмовъ сгущенныя культуры, которыя даютъ столько свѣта, что сосуды съ находящимися въ нихъ такого рода разводками бактерій, по справедливости, могутъ быть названы **живыми лампами**. На страницѣ 276 помѣщенъ рисунокъ такой лампы, предложенной Дюбуа. Бактеріи находятся тутъ на днѣ стекляннаго сосуда въ маслянистой гущѣ; при свѣтѣ ихъ можно читать самую мелкую печать. Какъ всѣ бактеріи, и этотъ видъ ихъ отличается поразительной жизнеспособностью, такъ что, несмотря на то, что доступъ воздуха къ нимъ совершенно прегражденъ, онѣ могутъ безъ всякаго вмѣшательства съ нашей стороны цѣлыми мѣсяцами проживать свой таинственный свѣтъ, и погибаютъ онѣ только послѣ того какъ прой-



Природа и ея силы.

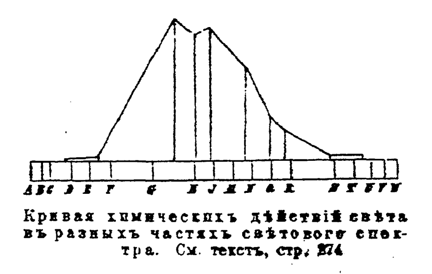
Свѣтящіяся животныя на глубинѣ оке



Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

…ѣтящіяся животныя на глубинѣ океана.

деть уже много времени. Этотъ свѣтъ изъ всѣхъ другихъ сортовъ свѣта является наиболѣе экономнымъ; онъ во всякое время, когда бы намъ ни понадобилось, испускаетъ синеватые или зеленоватые лучи, совершенно не содержа ни желтыхъ, ни красныхъ лучей; стало быть, это свѣтъ холодный. Мы не вполнѣ разгадали тайну его возникновенія въ природѣ. Кто это сдѣлаетъ, тотъ безъ сомнѣнія наживетъ большое богатство, такъ какъ своимъ открытіемъ онъ позволитъ благодарному человѣчеству сдѣлать большія сбереженія въ силѣ. Среди примѣняющихся теперь методовъ освѣщенія наиболѣе удовлетворяетъ теоретическимъ требованіямъ экономіи освѣщеніе ауэровское. Тѣ рѣдкія земли (по большей части это соединенія торія), изъ которыхъ изготовляются для лампъ Ауэра такъ называемыя керосино- и газокалильныя сѣтки, при изслѣдованіи спектроскопомъ обнаруживаютъ слѣдующія особенности. При накаливаніи, въ отличіе отъ всѣхъ остальныхъ твердыхъ тѣлъ, онѣ не даютъ совершенно сплошного спектра; спектръ ихъ состоитъ скорѣе изъ свѣтящихся полосъ, наибольшее число которыхъ приходится на синюю его часть. При накаливаніи эти тѣла какъ бы перескакиваютъ черезъ цѣлый рядъ температуръ и, благодаря этому, при одинаковомъ притокѣ энергіи начинаютъ свѣтиться свѣтомъ болѣе высокаго порядка колебаній гораздо раньше, чѣмъ раскаленныя тѣла, имѣющія вполнѣ непрерывный спектръ.


Кривая химическихъ дѣйствій свѣта въ разныхъ частяхъ свѣтового спектра. См. текстъ, стр. 274

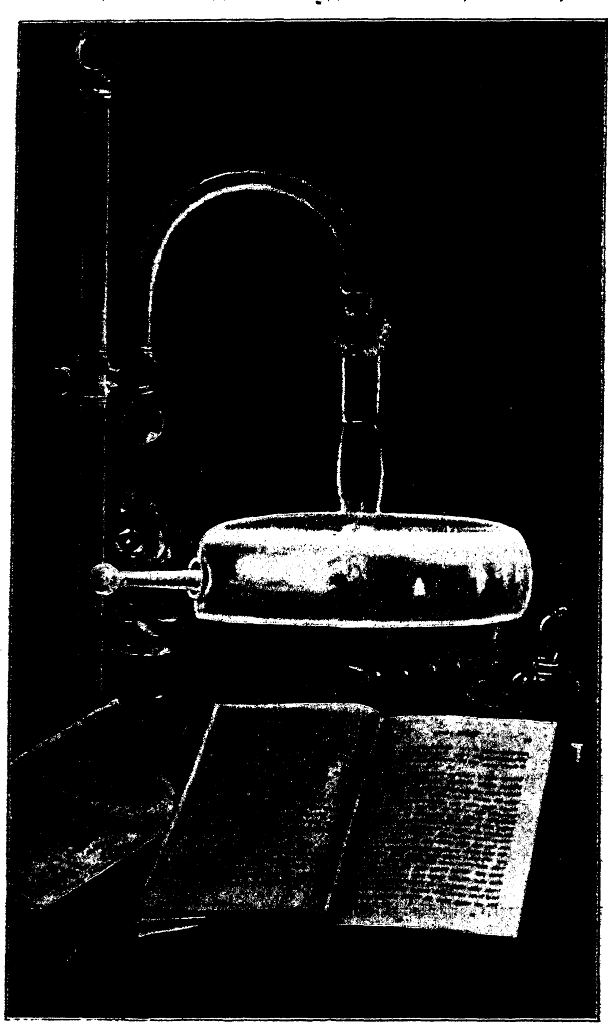
Къ тайнѣ этихъ явленій люминисценціи, наблюдаемыхъ въ нѣкоторыхъ организмахъ, мы, можетъ быть, ближе подойдемъ тогда, когда лучше ознакомимся съ особенностями открытаго лишь въ самое недавнее время, во всякомъ случаѣ ничуть не менѣе таинственнаго, рода лучей; чудесными свойствами ихъ, равно какъ и рентгеновыми лучами, болѣе подробно мы можемъ заняться лишь въ десятой главѣ, когда явленія электричества уже будутъ изучены; мы говоримъ о такъ называемыхъ урановыхъ или беккерелевыхъ лучахъ.

9. Магнитизмъ и электричество.

Теперь мы переходимъ къ той области явленій, которыя во всѣхъ отношеніяхъ принадлежатъ къ числу наиболѣе чудесныхъ взаимодѣйствій въ природѣ,—къ магнитизму и электричеству. Какъ то, такъ и другое находятся вокругъ насъ повсюду, но человѣчество, которое теперь пользуется электричествомъ, какъ силой вездѣсущей и почти не имѣющей равныхъ по могуществу, пригодной для выполненія самыхъ разнообразныхъ задачъ, въ теченіе тысячелѣтій знало лишь о самыхъ незначительныхъ его проявленіяхъ; что же касается такого великолѣпнаго и мощнаго явленія, какъ молнія, то ее приписывали дѣйствію сверхъестественныхъ силъ. Болѣе глубокій взглядъ на дѣйствія электричества и магнитизма—дѣло весьма недавняго времени. Первые серьезные опыты въ этой области явленій восходятъ не далѣе, чѣмъ за три столѣтія до нашего времени; но первымъ сильнымъ толчкомъ, заставившимъ физиковъ заниматься этой группой явленій уже безъ перерыва, было случайное открытіе Гальвани или, лучше сказать, его жены, которая замѣтила (1789 г.), что лягушечья нога, повѣшенная по близости отъ электрической машины, вздрагиваетъ. Систематическія, всестороннія и капитальныя изслѣдованія въ этой области были предприняты и выполнены въ 1840 геніальнымъ Фарадеемъ, который изъ-за станка переплетчика сталъ однимъ изъ самыхъ выдающихся по точности и глубинѣ мысли физиковъ-экспериментаторовъ. Прошло едва какихъ-нибудь десять лѣтъ съ тѣхъ поръ, какъ Генрихъ Герцъ, къ сожалѣнію такъ рано умершій, сдѣлалъ рядъ составившихъ эпоху открытій, благодаря которымъ наши взгляды на сущность этихъ, до того совершенно таинственныхъ явленій получили свое экспериментальное

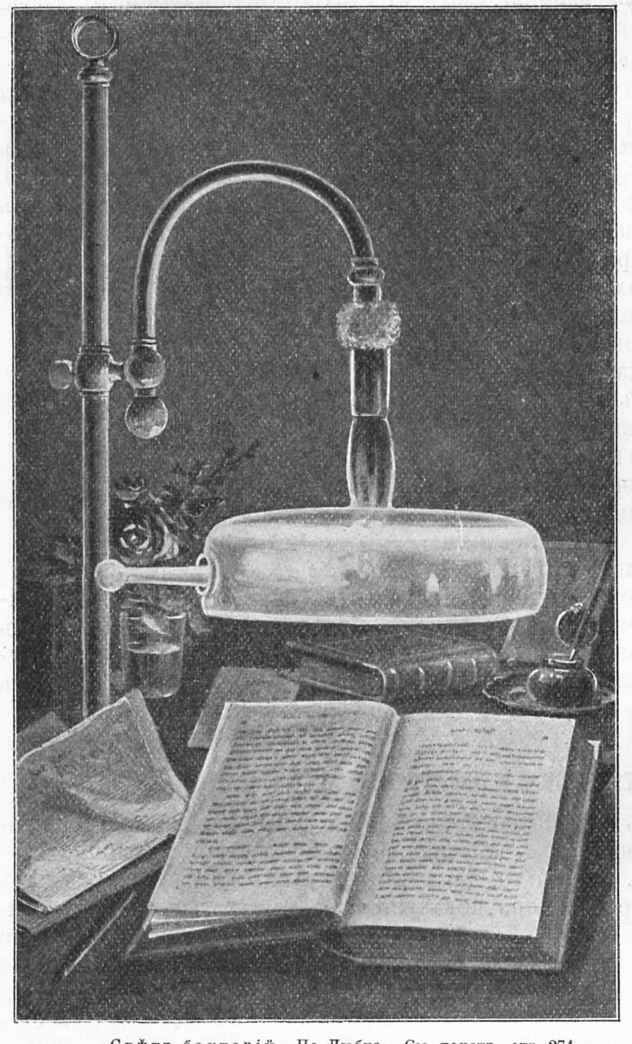
обоснованіе, и мы получили, наконецъ, возможность пытаться отвести электричеству въ общей сложности явленій природы принадлежащее ему мѣсто.

Такъ выросло за поразительно короткое время величественное зданіе современнаго ученія объ электричествѣ; что же касается до практическихъ его примѣненій, то они до того удивительны, что то, что теперь электричество совершаетъ въ дѣйствительности, еще какихъ-нибудь нѣсколько десятковъ лѣтъ тому назадъ было бъ не подъ силу придумать самой пылкой фантазіи поэта. Намъ бы слѣдовало вовсе перестать разсказывать сказки нашимъ дѣтямъ, потому что то, что они видятъ на самомъ дѣлѣ, можетъ дать имъ право думать, что всѣ эти сверхестественныя вещи совершенно вѣроятны и возможны. Достаточно упомянуть о тѣхъ экипажахъ, которые несутся безъ участія какой бы то ни было видимой силы, оставляя за собой огненный слѣдъ, или о тѣхъ разговорахъ, которые мы ведемъ на большихъ разстояніяхъ совершенно такъ, какъ если бъ мы находились съ собесѣдникомъ въ одной и той же комнатѣ, или о томъ обмѣнѣ телеграфными знаками между аппаратами, находящимися на разстояніи цѣлыхъ миль, безъ всякихъ проводовъ, причемъ знаки эти, точно перенесенные руками духовъ, вызываютъ во всѣхъ мѣстахъ одни и тѣ же движенія. Блещущій полетомъ своей фантазіи, поражающій практичностью своихъ методовъ, необычайно счастливый въ выполненіи самыхъ фантастически задуманныхъ опытовъ, электротехникъ Тесла, устраивавшій свои приборы въ чисто „американскомъ“ масштабѣ, недавно высказалъ мнѣніе, что наступило то время, когда обмѣнъ мыслями съ существами, находящимися за предѣлами земного шара на другихъ мірахъ, сталъ дѣломъ вполнѣ возможнымъ; онъ говоритъ, что ему удалось напасть внутри земли на таинственныя электрическія волны неземного происхожденія, что это знаки, посылаемые болѣе развитыми, чѣмъ мы существами, находящимися за предѣлами нашего пасмурнаго туманнаго міра, которыхъ мы, ограниченные скептики, не въ состояніи понять. Теперь для проникающаго повсюду электричества нѣтъ ничего невозможнаго, а потому не слѣдуетъ намъ отбрасывать съ легкимъ сердцемъ тѣхъ возможностей, которыя, подобно указанной, раскрываютъ предъ нами совершенно неожиданныя перспективы.



Свѣтъ бактерій. По Дюбуа. См. текстъ, стр. 274.

Причину этого продолжительнаго невѣдѣнія цѣлой обширной группы про-



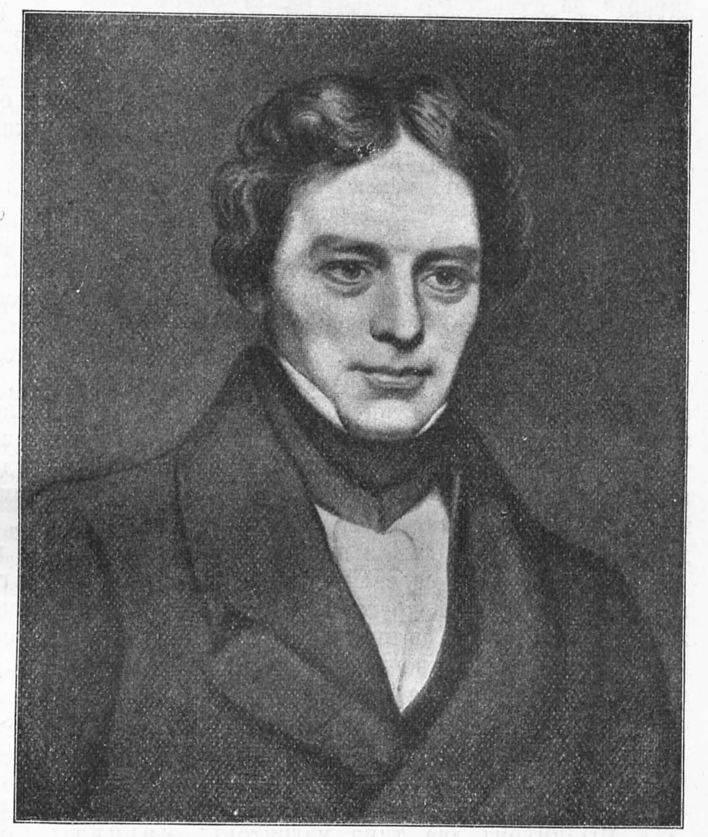
Свѣтъ бактерій. По Дюбуа. См. текстъ, стр. 274.

явленій природы указать легко: у насъ нѣтъ для нихъ особаго органа воспріятія, какимъ является ухо по отношенію къ звуку, глазъ — по отношенію къ свѣту и нашъ кожный покровъ — по отношенію къ тепловымъ ощущеніямъ. Если мы терпѣли много неудобствъ при изслѣдованіи тепловыхъ явленій изъ-за того, что наша способность воспріятія тепла не обладаетъ достаточнымъ совершенствомъ, если намъ въ силу этого приходилось прибѣгать къ услугамъ органовъ другихъ чувствъ, чѣмъ къ тому органу, который прямо предназначенъ для воспріятія тепла, то здѣсь, гдѣ для прямого воспріятія электричества и оцѣнки его дѣйствій у насъ совсѣмъ нѣтъ спеціальнаго органа, мы можемъ воспринимать только тѣ побочныя явленія, которыя попадаютъ въ область органовъ чувствъ, не предназначенныхъ для воспріятія электрическихъ дѣйствій. Электричество для насъ совершенно то же, что свѣтъ для слѣпого. Кромѣ главнаго своего дѣйствія на глазъ, свѣтъ оказываетъ еще дѣйствія побочныя, выражающіяся, напр., въ явленіяхъ химическихъ и тепловыхъ. Эти явленія слѣпому доступны, но можно себѣ представить, какихъ трудовъ бы стоило ему вывести на основаніи этихъ еле замѣтныхъ дѣйствій полную теорію свѣта. И тѣмъ не менѣе, благодаря связи между всѣмъ существующимъ, эта задача совершенно выполнима.



Михаилъ Фарадей. Изъ „19-го столѣтія въ картинахъ", Вермейстера. См. текстъ, стр. 275.

Такими незначительными побочными проявленіями магнитизма и электричества, извѣстными уже въ самыя отдаленныя времена, являются притяженія магнитной руды, способность магнитной стрѣлки принимать въ пространствѣ опредѣленное направленіе и притяженіе натертымъ янтаремъ (электронъ) очень легкихъ тѣлъ. Этими немногими фактами въ древніе и средніе вѣка и ограничивался весь кругъ свѣдѣній о той огромной области, которая теперь завоевала міръ. Мы также начнемъ съ изученія этихъ простыхъ фактовъ и на основаніи ихъ построимъ потомъ все величавое зданіе этой наиболѣе интересной изъ отраслей знанія о движеніяхъ въ природѣ. Разумѣется, мы не станемъ располагать матеріалъ, изъ котораго оно сложено, совершенно въ томъ же порядкѣ, какой вырабатывался исторически, потому что въ историческомъ ростѣ ученія объ электричествѣ насчитывается немало ошибокъ и отклоненій; мы пойдемъ по тому пути, который, съ помощью добытыхъ въ самое недавнее время фактовъ, проливающихъ свѣтъ на сущность этой силы природы, позволитъ намъ стать и тутъ на усвоенную нами раньше точку зрѣнія единства всѣхъ проявленій природы.



Михаилъ Фарадей. Изъ „19-го столѣтія въ картинахъ“, Веркмейстера.
См. текстъ, стр. 275.

a) Магнитизмъ.

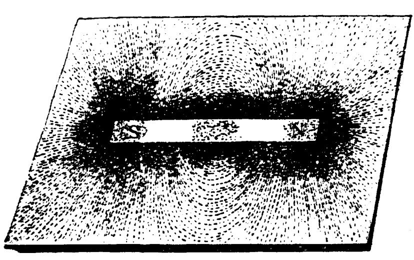
Уже древніе греки, а еще до нихъ китайцы, знали, что есть такъ называемый **магнитный камень**, руда, получившая свое названіе отъ города Магнезіи, возлѣ котораго по преданію она была впервые найдена, обладающая таинственнымъ свойствомъ притягивать желѣзо. Самый минералъ **магнитный желѣзнякъ** встрѣчается довольно часто, но магнитными свойствами онъ обладаетъ не всегда. Онъ представляетъ твердую, темную, зернистаго строенія массу, по блеску напоминающую желѣзо; химическій составъ его — желѣзо и кислородъ; такимъ образомъ по составу онъ весьма близокъ къ обыкновенной желѣзной ржавчинѣ, только въ магнитномъ желѣзнякѣ меньше кислорода. Очень часто его находятъ вкрапленнымъ въ разныя другія горныя породы, особенно въ такъ называемыхъ вулканическихъ и тектоническихъ породахъ, точно также встрѣчается онъ и въ гранитахъ высокихъ горныхъ кряжей. Присутствіе его указывается тутъ часто отклоненіемъ магнитной стрѣлки. Отсюда могла сложиться въ классической древности встрѣчающаяся также и у китайцевъ легенда о магнитныхъ горахъ, грозящихъ приближающимся къ нимъ кораблямъ вѣрной гибелью: эти горы вытягиваютъ изъ досокъ корабля всѣ желѣзные гвозди. На самомъ же дѣлѣ на землѣ нигдѣ не встрѣчается такихъ скопленій руды, которыя могли бы хотя бы на самыхъ небольшихъ разстояніяхъ отъ нихъ производить подобнаго рода дѣйствіе. Теперь извѣстно, что магнитный желѣзнякъ чаще всего попадается въ уединенныхъ вершинахъ, рѣже въ большихъ залежахъ желѣзной руды, внутри же земли его совершенно не бываетъ. Позже мы увидимъ, что, подъ вліяніемъ электрическаго тока, желѣзо пріобрѣтаетъ магнитныя свойства, и что молнія представляетъ собой такого рода электрическій токъ, притомъ обладающій огромной силой. Поэтому въ настоящее время думаютъ, что подъ вліяніемъ разряда молніи пріобрѣтаетъ магнитныя свойства обыкновенная желѣзная руда, что, вообще говоря, магнитизмъ не является состояніемъ, присущимъ какому-нибудь минералу, какъ таковому, но что магнитные минералы пріобрѣтаютъ свои свойства лишь благодаря особымъ вліяніямъ и притомъ не навсегда, а на извѣстное время.

Къ удивительному свойству **естественнаго магнита** притягивать желѣзо присоединяется еще другое свойство, способность легко передавать его самому желѣзу. Достаточно потереть о такой магнитный камень кусокъ желѣза, по возможности наиболѣе твердаго, стало быть лучше всего кусокъ стали, и мы получимъ **искусственный магнитъ**; такой искусственный магнитъ будетъ въ свою очередь передавать дальше магнитизмъ, повидимому, ничуть не утрачивая при этомъ своей силы. При помощи такихъ то искусственныхъ магнитовъ, которымъ мы можемъ придать, въ зависимости отъ нашихъ цѣлей, наиболѣе удобную форму, мы и начнемъ свое изслѣдованіе этой таинственной силы.

Мы имѣемъ два типа магнитовъ: **магниты подковообразные и магниты прямые**. Если поднести къ концу такого прямого магнита небольшой кусочекъ желѣза, напримѣръ, иглу, то она быстро подскочитъ по направленію къ магниту и, если она не очень тяжела, останется висѣть на самомъ его краю. Оба конца магнита дѣйствуютъ съ одинаковой силой, но середина его никакихъ магнитныхъ свойствъ не проявляетъ; притягательная сила магнита равномѣрно наростаетъ по направленію отъ середины къ концамъ. Можно прослѣдить это распредѣленіе силы съ особенной наглядностью, кладя магнитъ на бѣлый листъ бумаги и осторожно его осыпая желѣзными опилками; частички желѣза образуютъ характерныя кривыя, которыя особенно тѣснятся другъ къ другу у концовъ магнита, у середины же изгибаются и смыкаются широкими дугами (см. рисунокъ на стр. 279). Къ серединѣ же стержня опилки вовсе не пристаютъ. Вся сила магнита собрана въ его концахъ, которые называются его **полюсами**; сила обладаетъ **полярностью**.

Но такой притягательной силой магнитъ обладаетъ исключительно по отношенію къ желѣзу. Мы пока не касаемся тѣхъ проявленій магнитной силы, которыя требуютъ особенно тонкихъ пріемовъ изслѣдованія, и ограничиваемся лишь дѣй-

ствіями, вполнѣ очевидными. Всѣ другія вещества оказываются по отношенію къ магниту безразличными, они какъ бы прозрачны для магнитной силы, діамагнитны, напротивъ того желѣзо — парамагнитно. Бумага много легче желѣза, но вблизи самаго сильнаго магнита не наблюдается никакихъ перемѣщеній ея. Если же приложить бумагу къ одному изъ полюсовъ, то, желѣзная игла все-таки притянется къ магниту. Подобнымъ образомъ такой же прозрачностью по отношенію къ этой загадочной силѣ въ большей или меньшей степени отличаются дерево, разные металлы и иныя вещества. Пусть на одномъ изъ полюсовъ магнита держится притягиваемый его силой гвоздь; подносимъ къ нему снизу второй гвоздь: онъ пристанетъ къ первому, точно также третій пристанетъ ко второму и т. д. (см. рис. на стр. 280). При посредствѣ такой магнитной цѣпи, дѣйствіе магнитной силы распространяется гораздо дальше, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда она передается прямо въ ничѣмъ не занятомъ пространствѣ. Если убрать два гвоздя, находящихся между полюсомъ магнита и третьимъ гвоздемъ, то магнитъ уже не можетъ поддерживать этотъ третій гвоздь. Объясняется это тѣмъ, что гвозди, пришедшіе въ соприкосновеніе съ магнитомъ, временно сами становятся магнитами: въ самомъ дѣлѣ, произведемъ слѣдующій опытъ: зажмемъ въ штативѣ желѣзный стержень и приблизимъ къ нему полюсъ магнита; стержень, въ которомъ до сихъ поръ не замѣчалось никакихъ магнитныхъ свойствъ, начинаетъ теперь притягивать другимъ своимъ концомъ желѣзо, и это продолжается до тѣхъ поръ, пока по близости его находится полюсъ магнита, но стоитъ магнитъ убрать, и дѣйствіе стержня тотчасъ же прекратится (см. рисунокъ на стр. 280).

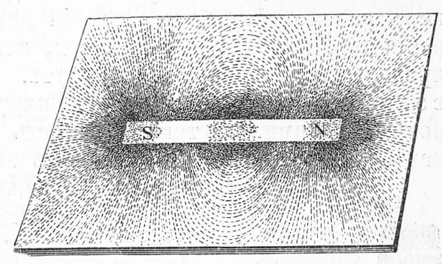


Распредѣленіе желѣзныхъ опилокъ вокругъ магнита. N сѣверный полюсъ, S южный полюсъ. См. текстъ, стр. 278.

Сталь при натираніи магнитомъ дѣлается постояннымъ магнитомъ, подъ вліяніемъ же одного только приближенія магнитомъ не постояннымъ, временнымъ. Это явленіе носитъ названіе магнитной индукціи (магнитнаго наведенія, вліянія).

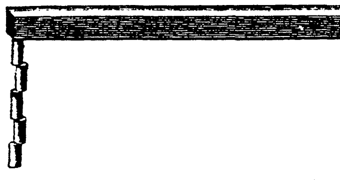
Помѣстивъ постоянный магнитъ, въ видѣ желѣзнаго намагниченнаго стержня, вблизи другого магнита, мы увидимъ дѣйствія иного рода. Мы видали, что желѣзо и магнитъ всегда другъ друга притягиваютъ, два же магнита могутъ другъ друга отталкивать. Притягательное и отталкивательное дѣйствія опредѣляются взаимнымъ расположеніемъ магнитовъ. Хотя полосы магнита ничѣмъ другъ отъ друга не отличаются, тѣмъ не менѣе на другой магнитъ они дѣйствуютъ не одинаково. Вслѣдствіе этого будемъ называть, пока совершенно произвольно, одну сторону этихъ двухъ магнитовъ сѣвернымъ полюсомъ, другую — южнымъ полюсомъ, и мы замѣтимъ, что отталкиваются и притягиваются всегда вполнѣ опредѣленныя стороны. Названія полюсовъ второго магнита по отношенію къ взаимнымъ притяженіямъ обоихъ магнитовъ на первое время особой роли играть не могутъ, а потому предположимъ, что сѣверный полюсъ одного магнита притягиваетъ южный полюсъ другого, но сѣверный полюсъ этого второго магнита отталкиваетъ, иначе говоря, одноименные полюсы стремятся сблизиться, разноименные — другъ отъ друга удалиться. Легче всего прослѣдить получающіяся въ этомъ случаѣ взаимодѣйствія, пользуясь заостреннымъ въ видѣ стрѣлки магнитомъ, который кладутъ серединой на остріе, такъ чтобы онъ могъ на этомъ остріи свободно двигаться. Это — магнитная стрѣлка, видъ которой извѣстенъ каждому (см. рисунки на стр. 281 и 282).

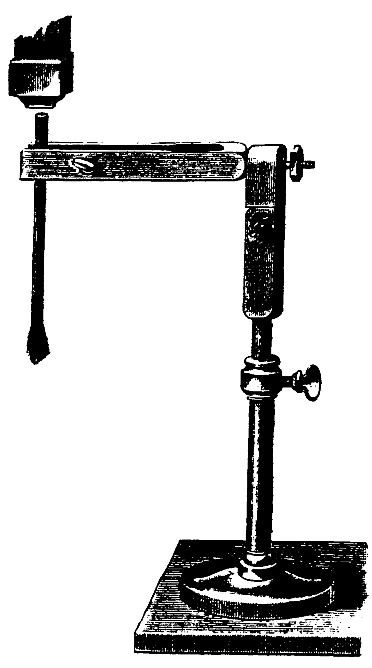
Въ этомъ приборѣ точно также одинъ конецъ стрѣлки называется сѣвернымъ полюсомъ, другой—южнымъ; къ магниту, поднесенному къ этому прибору какимъ-нибудь концомъ, стрѣлка, въ свою очередь, поворачивается только однимъ опредѣленнымъ концомъ, если же поднести другой конецъ магнита, то она быстро поворачивается въ сторону. Если, осыпавъ магнитъ опилками, воспроизвести уже



Распредѣленіе желѣзныхъ опилокъ вокругъ магнита. N сѣверный полюсъ, S южный полюсъ. См. текстъ, стр. 278.

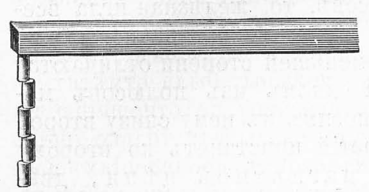
извѣстныя намъ кривыя и потомъ поднести къ нему магнитную стрѣлку, то мы увидимъ, что, какое бы положеніе она вблизи его ни приняла, направленіе ея будетъ всегда совпадать съ направленіемъ кривыхъ, которыми, стало быть, опредѣляются и направленія притягательной и отталкивательной силъ магнита. Поэтому эти линіи получили названіе **силовыхъ линій**, а все то пространство, въ которомъ, при помощи хотя бы очень тонкихъ и чувствительныхъ приборовъ, можно обнаружить эти линіи, то есть дѣйствія магнита, называется **магнитнымъ полемъ**. Отсюда мы сразу заключаемъ, что подвижная частичка, повинующаяся только одной этой магнитной силѣ, должна была бы перемѣщаться по такимъ силовымъ линіямъ отъ одного полюса къ другому. Если-бъ она не встрѣчала въ массѣ магнита никакихъ препятствій, другими словами, если-бъ она была такъ мала, какъ эѳирные атомы, движеніямъ которыхъ мы приписывали всѣ до сихъ поръ разсмотрѣнныя проявленія природы, то она прошла бы, въ силу своего ускоренія или инерціи (см. стр. 44), сквозь магнитъ и, выйдя по другую сторону его продолжала бы дальше свой путь. **Эѳиръ долженъ былъ бы образовать вокругъ магнита вихрь.** Снаружи отъ магнита потокъ распространяется широкими дугами, внутри же его онъ сильно сжимается, магнитъ образуетъ изъ себя какъ бы трубу, въ одинъ конецъ которой при посредствѣ какой то таинственной силы эѳиръ всасывается, а изъ другого конца снова выталкивается. Такъ, по крайней мѣрѣ, мы должны себѣ представлять эту картину на основаніи того, что намъ даютъ силовыя линіи. Чрезвычайно характерны онѣ въ томъ случаѣ, когда небольшой магнитъ приблизить къ большому. Силовыя линіи этого большого магнита изогнуты такъ, что у насъ получается совершенно такое впечатлѣніе, точнѣ онѣ въ него впиваются; это будетъ въ томъ именно случаѣ, когда оба магнита обращены другъ къ другу разноименными полюсами; при обратномъ положеніи мы отчетливо видимъ, напротивъ того, потокъ, исходящій изъ меньшаго магнита (рис. на стр. 283).


Магнитная цѣпь. См. текстъ, стр. 279.


Магнитная индукція. См. текстъ, стр. 279.

Теперь мы на моментъ прекратимъ собираніе фактовъ, относящихся къ проявленіямъ этой таинственной силы, и посмотримъ, не претендуя пока на глубину, какое положеніе должны занять мы по отношенію къ ней съ точки зрѣнія нашихъ основныхъ атомистическихъ представленій.

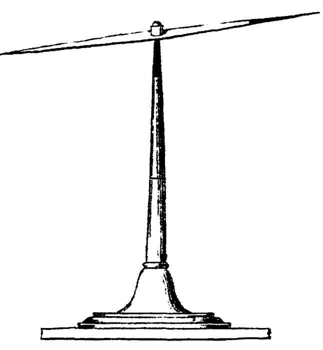
Мы знаемъ, что это ученіе не допускаетъ возможности взаимодѣйствій частей матеріи на разстояніи, и всемірное притяженіе мы можемъ объяснить прямыми дѣйствіями ударовъ всепронизывающаго эѳира вполнѣ наглядно. Въ явленіяхъ магнитизма мы имѣемъ дѣло, очевидно, съ притягательной силой, которая не имѣетъ рѣшительно ничего общаго съ притяженіями массъ. Эта притягательная сила не можетъ оказаться притягательной силой массъ, только въ усиленной какими-либо условіями формѣ, по той причинѣ, что притяженіе, наблюдаемое между массами, дѣйствуетъ на всѣ тѣла совершенно одинаково; матерія, какъ бы разнообразны ни были ея свойства, всегда обладаетъ неизмѣнно однимъ свойствомъ — протяженностью. Совершенно иначе обстоитъ дѣло съ магнитизмомъ. Поскольку мы до сихъ поръ знакомы съ вопросомъ о магнитной силѣ, мы можемъ сказать, что она исходитъ изъ желѣза; позже мы узнаемъ, что подобными свойствами



Магнитная цѣпь. См. текстъ, стр. 279.

Магнитная индукція. См. текстъ, стр. 279.

обладаютъ и другія тѣла; значитъ, количественно онѣ значительно отличаются другъ отъ друга, потому что иначе дѣйствія эти наблюдались бы въ тѣхъ веществахъ и при обычныхъ условіяхъ. Но эта притягательная сила можетъ претерпѣвать различныя измѣненія и въ одномъ и томъ же веществѣ, напримѣръ, въ желѣзѣ, подъ вліяніемъ различныхъ условій становиться больше или меньше и даже переходить въ отталкиваніе. Мы объяснили всемірное притяженіе тѣмъ, что тѣла представляютъ по отношенію къ падающимъ на нихъ со всѣхъ сторонъ эѳирнымъ атомамъ какъ бы экраны, но мы тотчасъ же должны были отмѣтить и то обстоятельство, что экраны этого рода необычайно скважны по отношенію къ эѳиру; поэтому сколько-нибудь замѣтное дѣйствіе могутъ оказывать только очень большія тѣла, какъ земля. Въ самыхъ незначительныхъ своихъ проявленіяхъ магнитная сила дѣйствуетъ несравненно сильнѣе тяготѣнія. Мы это видимъ непосредственно, а ниже мы укажемъ соотношеніе между этими силами и болѣе точно. Гдѣ же взять тотъ почти безконечно плотный экранъ, который могъ бы сообщить входящему въ одинъ конецъ магнита эѳирному потоку столь значительную плотность, что его ударами можно было бы объяснить магнитныя притяженія? Словомъ, объяснять магнитизмъ тѣми же причинами, что и тяготѣніе, совершенно невозможно. Итакъ, мы выносимъ слѣдующее впечатлѣніе: намъ кажется, что универсальность нашихъ основныхъ атомистическихъ воззрѣній этими фактами совершенно поколеблена, намъ кажется, будто это загадочное притяженіе представляетъ изъ себя дѣйствительно силу, находящуюся внутри самого магнита, что она излучается изъ него безъ посредства какой бы то ни было замѣтной среды.

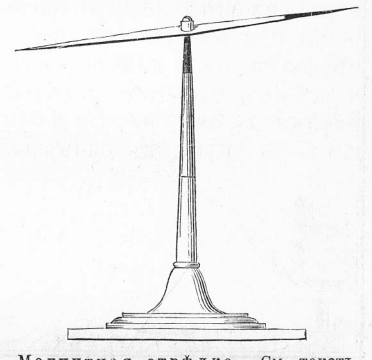


Магнитная стрѣлка. См. текстъ, стр. 279.

Но не будемъ сразу отчаиваться и постараемся подыскать новую гипотезу, которая не противорѣчила бы нашимъ воззрѣніямъ и въ то же время объясняла бы намъ непонятныя явленія.

Наши силовыя линіи даютъ намъ прекрасное указаніе. Со всей несомнѣнностью они показываютъ, что магнитъ заставляетъ окружающій его эѳиръ въ него всасываться. Мы можемъ не обращать вниманія на воздухъ, потому что магнитныя взаимодѣйствія происходятъ и въ безвоздушномъ пространствѣ. Всасываніе это можно объяснить только внутренними молекулярными дѣйствіями. О молекулахъ мы знаемъ, что онѣ представляютъ собой маленькія міровыя системы, въ которыхъ составляющіе ихъ атомы совершаютъ свои обращенія по орбитамъ. Мы могли объяснить тепловыя и свѣтовыя явленія только при помощи этихъ предположеній, указавъ на тѣ взаимодѣйствія, которыя происходятъ между свободными эѳирными атомами и этими системами. Всасывающее дѣйствіе этихъ системъ, совершающихъ колебанія по орбитамъ, обнаруживается тотчасъ, какъ только онѣ соединятся въ группы, вращательныя движенія которыхъ сталкиваются. Представимъ себѣ сосудъ съ водой, куда въ теченіе небольшого времени падаетъ струя воды; вода, которая до того была въ покоѣ, теперь будетъ вовлечена падающей струей въ движеніе, и съ обѣихъ сторонъ этой струи образуются водовороты, вихри, которые отсюда тотчасъ же передаются постепенно всей остальной массѣ воды, которая не перестаетъ двигаться и тогда, когда струя, которая дала первый толчокъ движенію, уже не дѣйствуетъ (см. рис. на стр. 283). Въ движущейся водѣ мы замѣчаемъ какъ разъ тѣ же кривыя, какъ вокругъ магнита, а водоворотъ втягиваетъ въ себя предметы, какъ магнитъ—линіи. Направленіе струи, дающей начало движенію, соотвѣтствуетъ оси магнита, и параллель между обоими явленіями станетъ еще отчетливѣе, если струю, дѣйствительно, пропустить черезъ трубу, которая будетъ, такимъ образомъ, воспроизводить магнитъ съ его силовыми линіями.

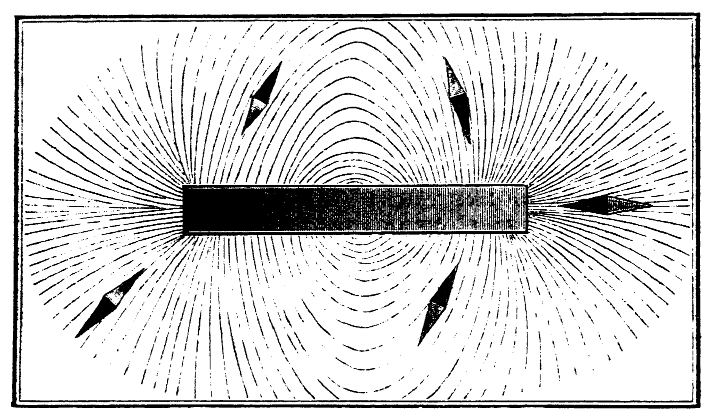
Итакъ этотъ примѣръ позволяетъ намъ предположить, что какое-нибудь внѣшнее вліяніе вгоняетъ въ немагнитное желѣзо густой потокъ свободныхъ эѳирныхъ атомовъ, и этотъ потокъ сообщилъ молекуламъ желѣза такого рода группи-



Магнитная стрѣлка. См. текстъ, стр. 279.

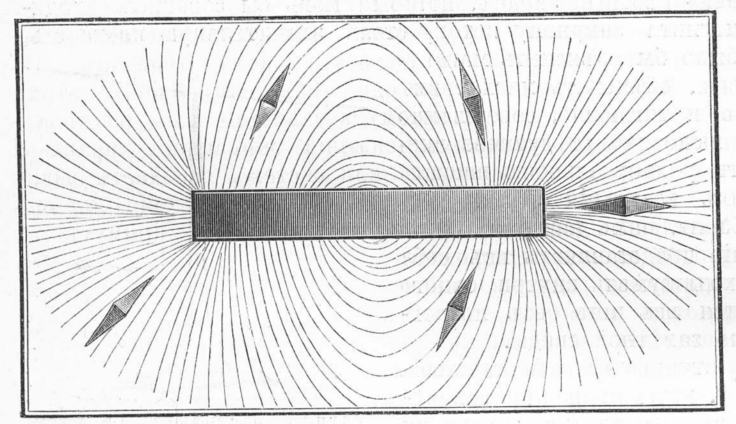
ровку, что должны были вслѣдъ затѣмъ получиться тѣ эѳирные вихри, о которыхъ мы можемъ судить по силовымъ линiямъ. Спрашивается, всѣ ли явленiя магнитизма могутъ быть объяснены на основанiи этого предположенiя?

Чтобы отвѣтить на этотъ вопросъ, изучимъ явленiя, возникающiя при искусственномъ образованiи подобныхъ вихрей, сперва въ большомъ масштабѣ. Чтобы вихревое движенiе не прекращалось по возможности долго, построимъ особый аппаратъ. Въ продолговатомъ ящикѣ или трубѣ A устроено два ряда колесъ съ лопастями a, b, причемъ колеса одного ряда вращаются въ сторону, противоположную вращенiю колесъ другого ряда (см. чертежъ, на стр. 284). Между обоими рядами вращающихся колесъ находится свободное мѣсто, которое можетъ быть перемѣщенiемъ обоихъ рядовъ колесъ либо увеличено, либо уменьшено. Колеса приводятся во вращенiе силой извнѣ, которая это движенiе и поддерживаетъ. Аппаратъ этотъ помѣщается въ жидкость и тамъ неподвижно укрѣпляется; другой аппаратъ B, совершенно такого же устройства, но меньшiй, можетъ въ жидкости свободно перемѣщаться. Колеса въ трубкѣ, неукрѣпленной вначалѣ, вращаться не должны. Труба, укрѣпленная неподвижно, при посредствѣ имѣющихся въ ней вращающихся колесъ, вызываетъ въ жидкости вихрь. Какъ только подвижная, меньшая труба попадаетъ въ кругъ дѣйствiя большой, такъ тотчасъ стремящаяся потокомъ жидкость начинаетъ втягивать ее, какъ всякiй другой плавающiй въ ней предметъ, въ большую трубу; потокъ будетъ притягивать ее къ той сторонѣ большой трубы, гдѣ въ ней исчезаетъ вовлекаемый въ трубу вращенiемъ колесъ вихрь. Такъ какъ плавающая въ жидкости труба имѣетъ продолговатую форму, то она располагается осью вдоль по направленiю потока, то есть совершенно такъ, какъ желѣзная пластинка, принимающая направленiе силовой линiи магнита. Благодаря этому потокъ устремляется въ меньшую трубу сверху, то есть съ той стороны, которая лежитъ надъ отверстiемъ большей трубы, впускающимъ внутрь ея жидкость; жидкость попадаетъ въ меньшую трубу черезъ то отверстiе, которое обращено не въ сторону большой трубы и, вытекая изъ отверстiя, выходящаго на большую трубу, направляется прямо въ нее. При прохожденiи потока жидкости черезъ меньшую трубу, находящiяся въ ней колеса, которыя до того были въ покоѣ, начинаютъ вращаться и возбуждаютъ вихрь одинаковаго направленiя съ тѣмъ, который поднятъ въ большой трубѣ. Въ переводѣ на языкъ магнитныхъ явленiй, это значитъ, что меньшая труба становится магнитной черезъ влiянiе. Если колеса въ большой трубѣ перестаютъ двигаться, то спустя нѣкоторое, во всякомъ случаѣ, весьма непродолжительное, время прекращается и вихрь, и колеса меньшаго аппарата должны будутъ остановиться; магнитное состоянiе, возбужденное только путемъ индукцiи, прекращается, какъ скоро будетъ удаленъ возбуждающiй его магнитъ. Незначительное послѣдѣйствiе, замѣченное нами въ нашемъ „механическомъ магнитѣ“, можно наблюдать и въ настоящихъ магнитахъ, это явленiе носитъ названiе **остаточнаго магнитизма**.



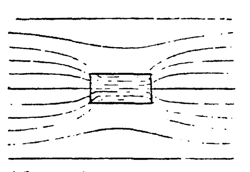
Магнитное поле. M магнитъ, N магнитныя стрѣлки, K магнитныя силовыя линiи. См. текстъ, стр. 280.

Теперь мы предварительно приведемъ въ движенiе колеса въ нашей меньшей трубѣ при помощи какой-либо внѣшней силы, то есть, пользуясь языкомъ нашего сравненiя, намагнитимъ этотъ меньшiй аппаратъ. Если мы помѣстимъ его

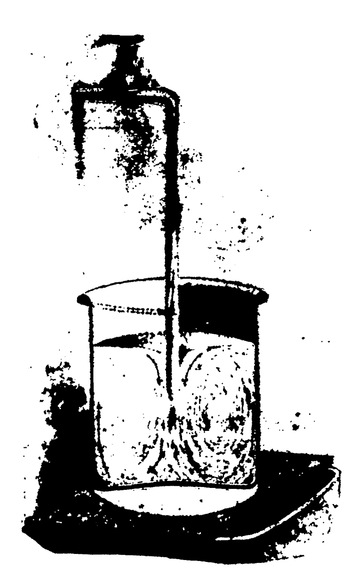


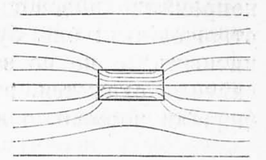
Магнитное поле. М магнитъ, N магнитныя стрѣлки, К магнитныя силовыя линіи. См. текстъ, стр. 280.

вблизи нашего неподвижно укрѣпленнаго механическаго магнита, то два вихря. производимыхъ самостоятельно одними приборами, придутъ въ столкновеніе. Если направленія идущихъ съ двухъ сторонъ теченій одинаковы, то теченія эти ускорять движеніе плавающаго магнита, перемѣщающагося по направленію къ неподвижному, если же они противоположны, то теченія другъ отъ друга оттолкнутся; теченіе поворачиваетъ меньшую трубу такъ, чтобы оба тока приняли и теперь одинаковыя направленія. Это явленіе также наблюдается въ настоящихъ магнитахъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ это все, что мы до сихъ поръ узнали о дѣйствіи магнитовъ. Для объясненія этого небольшого числа фактовъ пока достаточно нашей гипотезы вихрей или круговоротовъ. Въ добавленіе замѣтимъ только, что нашъ механическій магнитъ въ одномъ только не соотвѣтствуетъ нашимъ представленіямъ о молекулярномъ строеніи тѣлъ: мы предполагаемъ именно, что члены микрокосмическихъ системъ (молекулъ) находятся въ непрестанномъ вращательномъ движеніи. Въ немагнитныхъ тѣлахъ, по нашему мнѣнію, ни одно изъ направленій этихъ вращательныхъ движеній не преобладаетъ, а потому воздѣйствіе ихъ на проникающіе въ эти тѣла эѳирные атомы вихревыхъ движеній описаннаго характера дать не можетъ. Если же въ область этихъ группъ или системъ попадаетъ извнѣ достаточно сильный потокъ эѳира какого бы то ни было происхожденія, то онъ дѣйствуетъ на ихъ вращательныя движенія такъ, что члены ихъ примутъ въ большей или меньшей мѣрѣ то именно расположеніе, которое приводитъ, какъ мы видѣли, къ возникновенію вихрей. Такой результатъ является прямымъ слѣдствіемъ закона инерціи. Въ зависимости отъ силы перваго внѣшняго толчка, то есть въ зависимости отъ силы магнитизаціи, вращеніе молекулъ (или колесъ) продолжается большее или меньшее время, поддерживается болѣе или менѣе продолжительное время магнитное состояніе тѣла. Если сопротивленія движеніямъ молекулъ будутъ значительно меньшаго порядка, чѣмъ тѣ, къ которымъ мы привыкли въ машинахъ или другихъ подобнаго рода приборахъ, то сила магнита въ концѣ концовъ все-таки должна растратиться на разнаго рода внѣшнюю работу. И въ самомъ дѣлѣ, тѣла съ теченіемъ времени всегда теряютъ свои магнитныя свойства.


Сближеніе силовыхъ линій въ магнитѣ. См. текстъ, стр. 280.

Но не слѣдуетъ забывать, что процессъ, имѣющій мѣсто при настоящемъ размагничиваніи, представляетъ нѣчто такое, чего не слѣдуетъ сопоставлять съ явленіями, наблюдаемыми въ нашихъ механическихъ магнитахъ, когда въ нихъ окончательно останавливаются колеса. Молекулярныя движенія по орбитамъ въ магнитахъ не прекращаются, какъ не прекращается обращеніе свѣтилъ вокругъ ихъ центра тяжести. Самое большее, что можетъ здѣсь произойти, это то, что противодѣйствіе эѳирнаго потока, возбуждаемаго самими молекулами, достигнетъ порядка тѣхъ сопротивленій, какія оказываетъ движенію небесныхъ свѣтилъ такъ называемая сопротивляющаяся среда въ міровомъ пространствѣ; значитъ, это будетъ очень небольшое сопротивленіе, и лишь въ немногихъ, къ тому же сомнительныхъ случаяхъ, можно говорить о томъ, что слѣды его замѣчали. Въ магнитныхъ явленіяхъ намъ приходится считаться или съ опредѣленнымъ взаимо-расположеніемъ плоскостей, въ которыхъ лежатъ эти орбиты, или, быть можетъ, лишь съ вращательнымъ движеніемъ самихъ атомовъ вокругъ ихъ оси, которое въ этомъ случаѣ напоминало бы собой суточное обращеніе планетъ. Предположимъ, что

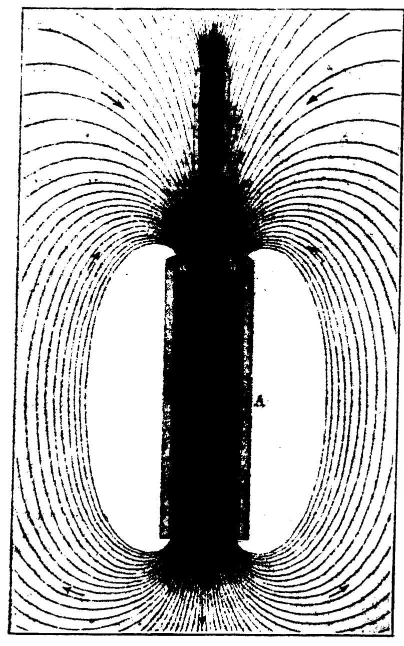

Вихрь въ водѣ. См. текстъ, стр. 281.



Сближеніе силовыхъ линій въ магнитѣ. См. текстъ, стр. 280.

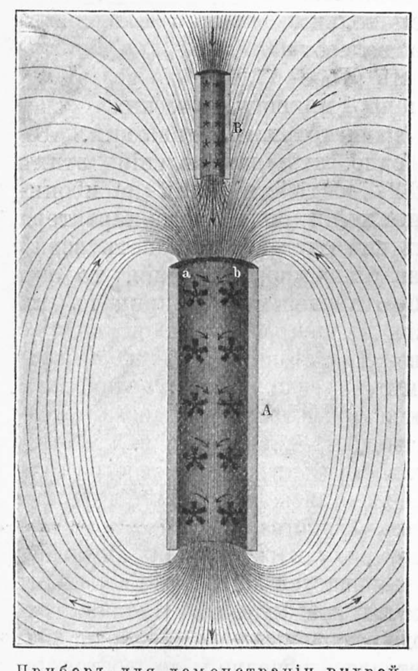
Вихрь въ водѣ. См. текстъ, стр. 281.

наша земля представляетъ изъ себя двойную планету, на подобіе тѣхъ двойныхъ звѣздъ, которыхъ такъ много на небѣ, пусть оба эти тѣла находятся сравнительно близко другъ отъ друга и пусть одно изъ нихъ движется по направленію, обратному направленію движенія другого, какъ движутся жернова на мельницѣ. Тогда эта двойная планета въ оказывающей сопротивленіе средѣ міроваго пространства непремѣнно вызоветъ вихрь, который будетъ напоминать собой магнитъ во всѣхъ отношеніяхъ; онъ будетъ притягивать меньшія тѣла по законамъ притяженій магнитныхъ, а не по законамъ всемірнаго тяготѣнія. Если среди этихъ меньшихъ свѣтилъ окажется, въ свою очередь, двойная звѣзда, оба члена которой вращаются вначалѣ нормально вокругъ своихъ осей, то эѳирный потокъ, движущійся на подобіе магнитнаго, заставитъ ихъ двигаться по направленіямъ взаимно-обратнымъ, какъ въ магнитахъ, другими словами, эти тѣла станутъ магнитами черезъ вліяніе. Можно показать, что все это выводится математически точно изъ общихъ законовъ механики. Такъ что, вообще говоря, движенія небесныхъ свѣтилъ совершаются не такъ, какъ этого требуетъ магнитизмъ, они немагнитны, если можно такъ выразиться; они уравновѣшиваютъ другъ друга, — законы природы всегда стремятся къ такому равновѣсію. Точно также и на землѣ большинство тѣлъ магнитными свойствами не обладаетъ; это состояніе наступаетъ лишь въ совершенно исключительныхъ случаяхъ, гдѣ предварительно тѣла претерпѣваютъ особаго рода воздѣйствіе. Нѣкоторыя изъ туманностей на небѣ, имѣющія огромные размѣры, формой своей напоминаютъ два подобныхъ описаннымъ вихревыхъ движенія, разметавшихся кривизнами въ разныя стороны. Въ эти скопленія тумановъ можетъ попасть и какое-нибудь другое тѣло. Совершенно такіе же вихри мы можемъ вызвать въ любое время въ облакахъ табачнаго дыма. Основанія, на которыхъ построена небесная механика показываютъ намъ, что эти совершающіяся по взаимно обратнымъ направленіямъ движенія вовсе не должны продолжаться безъ конца, все равно какъ не безконечно и магнитное состояніе. Орбиты постепенно принимаютъ такое положеніе, при которомъ движенія по взаимно-обратнымъ направленіямъ, наконецъ, исчезаютъ.



Приборъ для демонстраціи вихрей, подобныхъ получающимся въ магнитахъ. См. текстъ, стр. 282.

Говоря о процессахъ, совершающихся въ магнитѣ, обыкновенно ошибочно представляютъ себѣ, что онъ состоитъ изъ очень большого числа молекулярныхъ магнитовъ, каждый изъ которыхъ имѣетъ, въ свою очередь, свой сѣверный и южный полюсы. Молекулярные магниты не могутъ перемѣщаться съ мѣста на мѣсто, но они могутъ измѣнять свое направленіе, они могутъ оріентироваться. Эти мельчайшія части уже никогда не теряютъ своихъ магнитныхъ свойствъ; поэтому они располагаются всегда такъ, чтобы южный полюсъ одного лежалъ противъ сѣвернаго полюса другого; верхняя часть нашего рис. на стр. 286 представляетъ такое расположеніе магнитовъ. Но, кромѣ этого условія, расположеніе такихъ элементарныхъ магнитовъ въ ненамагниченныхъ тѣлахъ никакими другими условіями не связано. Нигдѣ въ магнитѣ полюса не наблюдается. Но подъ вліяніемъ намагничиванія молекулярные магниты располагаются по нѣкоторому опредѣленному направленію, предпочтительно передъ другими направленіями; это видно на нижней части нашего рисунка. Не надо говорить, что такое объясненіе опирается всецѣло на устарѣлыя воззрѣнія, что въ сущности это даже не объясненіе; мы только переносимъ ступенью глубже таинственный процессъ притяженія,



Приборъ для демонстраціи вихрей, подобныхъ получающимся въ магнитахъ. См. текстъ, стр. 282.

наблюдаемый вначалѣ на поверхности магнитовъ; сводимъ его на взаимодѣйствіе молекулъ, но молекулы эти считаемъ точно такими же твердыми тѣлами, какъ сами большіе магниты. Теперь однако изъ другихъ частей физики мы уже знаемъ, что молекулы совершаютъ очень сложныя движенія и при объясненіи какого бы то ни было явленія необходимо съ этими движеніями постоянно считаться, что въ этомъ сочиненіи мы всегда и дѣлали. Но если ограничиться тѣмъ, что разбить матерію на молекулы и на атомы и приписывать этимъ мельчайшимъ частямъ ея свойства тѣлъ большихъ, то это намъ въ концѣ концовъ ничего не дастъ, и мы снова останемся въ кругу устарѣлыхъ воззрѣній, объясняющихъ разнаго рода процессы дальнодѣйствіями силъ природы.

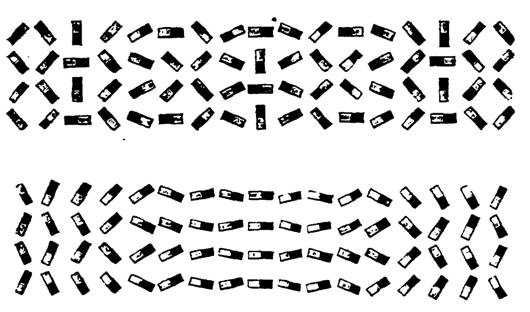
Хотя наши представленія о ходѣ магнитныхъ явленій прямо вытекаютъ изъ законовъ механики, какъ ихъ необходимыя слѣдствія, насъ все-таки могли бы упрекнуть въ легкомысліи, поставивъ на видъ, что мы, принимая это воззрѣніе не позаботились подвергнуть его внимательному и болѣе подробному экспериментальному изслѣдованію. Вотъ почему мы постараемся теперь сгруппировать вокругъ нашихъ новыхъ представленій и рядъ новыхъ фактовъ, относящихся къ этой области явленій.

Сила магнитныхъ вихрей, искусственно воспроизводимыхъ въ нашихъ аппаратахъ, зависитъ въ томъ случаѣ, когда число и скорость движенія колесъ, представляющихъ собой молекулы или атомы, даны, отъ разстояній между этими колесами. Если мы раздвинемъ колеса, работающія другъ противъ друга, то токъ жидкости, всасываемой въ трубу, будетъ сжатъ въ ней не съ такой силой, какъ раньше, и сила самого вихря уменьшится; если же разстояніе между колесами уменьшить, то должны наблюдаться явленія обратныя, и сила вихря увеличится. Въ настоящихъ магнитахъ измѣненіе разстояній между молекулами достигается двумя путями: во-первыхъ, можно дѣйствовать на магнитъ давленіемъ или растяженіемъ, и, во-вторыхъ, можно его нагрѣвать и охлаждать, въ зависимости отъ чего онъ будетъ расширяться или сжиматься. Подвергаясь тому или другому изъ этихъ воздѣйствій, магнитъ проявляетъ тѣ именно свойства, какія мы можемъ напередъ ему приписать. Давленіе и тяга измѣняютъ силу магнита очень замѣтно, а при нагрѣваніи магнита сила эта непремѣнно уменьшается. При температурѣ около 775^0 желѣзо намагнитить, вообще говоря, уже невозможно. Начиная съ этой температуры, эѳирные атомы встрѣчаютъ между совершающими обращенія молекулами настолько свободный проходъ, что металлъ, дошедшій до состоянія краснаго каленія, можетъ испускать теперь одни лишь тепловыя и свѣтовыя волны. Съ одной стороны, вращеніе, вызывающее вихрь, производитъ въ магнитѣ сближеніе частей эѳирнаго потока, но, съ другой стороны, благодаря этому же обстоятельству увеличивается внутреннее сопротивленіе магнита: сгущенный потокъ будетъ стремиться теперь къ тому, чтобы оторвать другъ отъ друга мельчайшія частицы магнита. Въ самомъ дѣлѣ, внутри магнита можно наблюдать своего рода натяженія, которыя носятъ названіе **магнитострикціи**. Такъ, напримѣръ, при намагничиваніи желѣзо расширяется, правда на очень незначительную часть своего объема (всего на 3—4 милліонныхъ). Изучивъ отношеніе электричества къ магнитизму мы будемъ въ состояніи указать еще на цѣлый рядъ явленій, родственныхъ этому. Теперь же мы упомянемъ объ одномъ на первый взглядъ необыкновенно поразительномъ свойствѣ магнитовъ, которое, однако, съ нашей точки зрѣнія представляется совершенно понятнымъ. Если разбить магнитъ на любое число кусковъ, то каждый изъ нихъ, какъ оказывается, снова представляетъ изъ себя самостоятельный магнитъ. Если отломимъ кусокъ магнита съ той стороны, гдѣ у него находится сѣверный полюсъ, то у отломаннаго куска тотчасъ же образуется новый южный полюсъ; если взять кусокъ изъ середины магнита, то несмотря на то, что раньше, когда магнитъ былъ цѣлъ, въ этой части не наблюдалось никакихъ магнитныхъ свойствъ, теперь онъ становится магнитомъ. То же будетъ и съ нашей трубой, если мы разрѣжемъ ее на болѣе короткія части: до тѣхъ поръ, пока въ каждой изъ такихъ частей будетъ хоть

по два вращающихся колеса по взаимно обратнымъ направленіямъ, каждая изъ нихъ будетъ производить свой вихрь.

Процессъ намагничиванія желѣза не можетъ идти произвольно далеко. Существуетъ степень насыщенія, перейти за которую никогда не удается. Но чѣмъ больше кусокъ желѣза, которое берется для этой цѣли, тѣмъ выше и максимумъ его способности къ намагничиванію. Объясняется это весьма просто. Если всѣ молекулы будутъ размѣщены въ томъ порядкѣ, который мы считаемъ необходимымъ для возникновенія магнитнаго вихря, то дальнѣйшее усиленіе дѣйствія вихрей станетъ невозможнымъ. Но если кусокъ великъ, то въ немъ молекулъ больше, чѣмъ въ маломъ, и, стало быть, этотъ процессъ можетъ идти здѣсь дольше.

Мягкое желѣзо намагнитить гораздо легче, чѣмъ твердую сталь; зато оно теряетъ сравнительно очень быстро большую часть своего магнитизма; очень мягкое желѣзо совершенно не въ состояніи сохранить сообщаемую ему магнитную силу. Мягкость какого-либо вещества указываетъ на то, что мельчайшія частицы его легко перемѣняютъ взаимныя положенія; отсюда слѣдуетъ, что, съ одной стороны, въ мягкомъ веществѣ частицамъ можно безъ труда сообщить какое-нибудь особенное положеніе, но, съ другой стороны, стоитъ только прекратиться дѣйствію причины, обусловливающей это исключительное расположеніе молекулъ, и онѣ тотчасъ расположатся нормально. Магнитная устойчивость стали, которую объясняли существованіемъ особой задерживающей способности, позволяетъ устраивать постоянные магниты. Особый интересъ имѣетъ то обстоятельство, что остатки магнитнаго состоянія, наблюдаемые въ мягкомъ желѣзѣ, исчезаютъ, какъ только кусокъ такого желѣза подвергнуть сотрясеніямъ. Итакъ, значитъ, въ такомъ желѣзѣ сопротивленіе, оказываемое частицами при возстановленіи ихъ нормальнаго расположенія, весьма незначительно. Если намагнитить наполненную желѣзными опилками стеклянную трубку и потомъ встряхнуть ее, то магнитныя свойства ея исчезнутъ.



Старое воззрѣніе на молекулярное строеніе магнитовъ. Вверху тѣло ненамагниченное, внизу—намагниченное. См. текстъ, стр. 284.

Но несмотря на соотвѣтствіе между нашей гипотезой и экспериментальными данными, весь этотъ циклъ явленій по прежнему остается совершенно загадочнымъ, если даже наблюдать его лишь на одномъ изъ многихъ тысячъ тѣхъ разнообразныхъ соединеній, въ формѣ которыхъ мы видимъ матерію, именно на желѣзѣ. Болѣе точныя изслѣдованія показываютъ, что магнитными свойствами обладаютъ, кромѣ желѣза, не только другія многія тѣла, но, по всей вѣроятности, всѣ тѣла. По нашимъ воззрѣніямъ иначе и быть не можетъ. Вихри эѳира, того самаго эѳира, который заставляетъ камни падать на землю, а планеты обращаться вокругъ ихъ солнцъ, увлекаютъ за собой всякаго рода матерію. Различія могутъ свестись лишь къ степени сопротивленія, встрѣчаемой этимъ вихревымъ движеніемъ въ томъ или другомъ веществѣ. Разумѣется, степень такой магнито-прозрачности вещества не имѣетъ никакого отношенія къ его общей пропускательной способности, то есть къ его плотности. Тѣмъ не менѣе позже мы увидимъ, что между плотностью тѣла и его оптическими, электрическими и магнитными свойствами существуютъ весьма интересныя соотношенія.

Никель и кобальтъ, два металла весьма близкихъ къ желѣзу и во многихъ другихъ отношеніяхъ, въ ряду магнитныхъ тѣлъ слѣдуютъ тотчасъ же за нимъ, но магнитными свойствами они обладаютъ все-таки въ значительно меньшей степени, чѣмъ оно. Способность пріобрѣтать магнитныя свойства у остальныхъ тѣлъ еще меньше; для воздуха она такъ же мала, какъ для пустого пространства,



Старое воззрѣніе на молекулярное строеніе магнитовъ. Вверху тѣло ненамагниченное, внизу—намагниченное. См. текстъ, стр. 284.

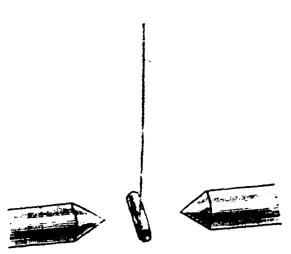
то есть для самого эѳира. Чтобы привести нѣсколько числовыхъ данныхъ, характеризующихъ это свойство, надо предварительно условиться относительно единицы магнитизма.

При измѣреніи силы магнитизма мы будемъ противопоставлять ей другую силу; силой, наиболѣе пригодной для сравненія съ ней дѣйствій магнитовъ является, какъ и раньше, всемірное тяготѣніе. Согласно выводу, къ которому пришелъ конгрессъ электротехниковъ въ Парижѣ въ 1881 г. мы будемъ выражать магнитную силу также въ абсолютныхъ единицахъ системы сантиметръ-граммъ-секунда, основанія которой изложены у насъ на стр. 65. Въ этой системѣ мѣръ единицей силы является такая сила, которая „сообщаетъ грамму массы ускореніе одинъ сантиметръ въ каждую секунду.“ Такую единицы силы назвали диной: мы показали, что притяженіе, производимое 1 килограммомъ на тѣло, находящееся отъ него на разстояніи 10 ст., равно 0,000666 дины. Притяженіе землею массы въ 0,00068 мг. (миллиграмма) уравновѣшиваетъ только что указанную нами силу притяженія килограмма. За мѣру магнитной силы мы снова примемъ 1 дину. Если, перекинувъ черезъ блокъ нить, привѣсить къ ней грузъ въ 1,02 мг., то этотъ грузъ будетъ тянуть нить съ силой въ 1 дину. Если на другомъ концѣ нити прикрѣпить магнитъ, который будетъ тянуть вверхъ этотъ грузъ въ 1,02 мг., и если на разстояніи 1 с.м. отъ него помѣстить совершенно такой же магнитъ, но только другимъ полюсомъ, то они будутъ другъ друга уравновѣшивать, разъ каждый изъ нихъ представляетъ изъ себя единицу магнитизма. Такимъ образомъ мы пришли въ то же время къ опредѣленію единицы магнитной силы, единицы напряженія магнитнаго полюса. Для того, чтобы дать понятіе объ этой силѣ, укажемъ, что хорошо намагниченная стальная вязальная игла излучаетъ въ окружающее пространство силу, приблизительно въ десять разъ большую. Отсюда мы видимъ, что магнитная сила во много разъ больше силы всемірнаго притяженія, что 1 кг. немагнитнаго вещества, который, по сравненію съ нашей вязальной иглой, имѣетъ массу чуть не во сто разъ большую, на томъ же разстояніи, которое взято у насъ въ опытѣ съ ней, обнаруживаетъ притяженіе, приблизительно въ 15 разъ меньшее.

Для того чтобы производить на основаніи данныхъ только что опредѣленій измѣренія напряженія магнитной силы точно, мы должны привести результаты изслѣдованій надъ магнитами, находившимися на разныхъ разстояніяхъ, къ разстоянію единицѣ, къ разстоянію въ 1 ст., но для того чтобы это сдѣлать, надо предварительно знать законъ распространенія магнитной силы въ пространствѣ. Процессы, наблюдаемые вокругъ магнитовъ, напоминаютъ излученіе лишь кажущимся образомъ и потому, по нашимъ взглядамъ, представляютъ изъ себя нѣчто отличное отъ того, что мы видимъ въ дѣйствіяхъ тяготѣнія, въ дѣйствіи лучистой теплоты и свѣта: тамъ мы находили, какъ на то указывала и теорія, что они слѣдуютъ закону обратной пропорціональности квадратамъ разстояній; здѣсь же не представлялось возможнымъ допустить сразу, что этому закону подчиняется и магнитная сила. Сверхъ того и самыя условія наблюденія здѣсь сложнѣе. Мы не можемъ получить такого тѣла, которое обладало бы магнитизмомъ только одного рода, то есть такого тѣла, всю массу котораго другой магнитъ только бы притягивалъ или только отталкивалъ. Оба полюса другъ отъ друга неотдѣлимы и дѣйствуютъ они другъ противъ друга. Тѣмъ не менѣе, на основаніи наблюденныхъ фактовъ, удалось показать, что притяженія такихъ идеальныхъ магнитовъ, изъ которыхъ одни представляютъ собой только южные полюса, другіе — только сѣверные, слѣдуютъ тому же закону, что и притяженія между свѣтилами: магниты дѣйствуютъ съ силой, обратно пропорціональной квадратамъ разстояній и прямо пропорціонально притягивающимъ, въ данномъ случаѣ магнитнымъ, массамъ. Законъ этотъ, поскольку онъ относится къ силамъ магнитнымъ, въ честь открывшаго его физика называется закономъ Кулона.

Результаты измѣреній, произведенныхъ надъ различными веществами, кромѣ

желѣза, будучи отнесены къ безвоздушному пространству, способность котораго къ намагничиванію равна нулю, выразились въ слѣдующихъ числахъ:



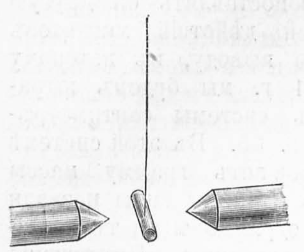
Положеніе діамагнитнаго висмута между полюсами магнита. См. текстъ, ниже.

Хлористое желѣзо	+ 64	Висмутъ	− 14
Сѣрнистое желѣзо	− 20	Ртуть	− $2_{,61}$
Кислородъ	+ $0_{,12}$	Вода	− $0_{,82}$
Воздухъ	+ $0_{,02}$	Алкоголь	− $0_{,66}$

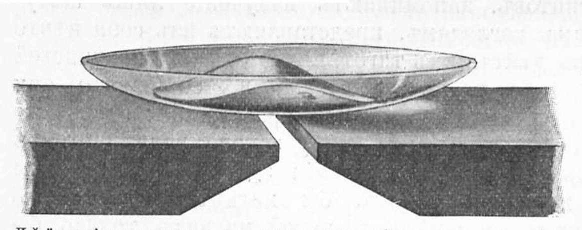
Итакъ, у насъ имѣется два ряда чиселъ; первый изъ нихъ начинается соединеніемъ желѣза, второй — висмутомъ, знаки обоихъ рядовъ противоположные. Тѣла, находящіяся справа—діамагнитны, въ отличіе отъ тѣлъ, помѣщенныхъ въ ряду слѣва, которыя парамагнитны. Какъ слѣдуетъ понимать эти термины? Если помѣстить между полюсами какого-нибудь сильнаго магнита, которые возбуждаются обыкновенно при помощи электрическаго тока, продолговатый кусокъ висмута, то онъ расположится не по линіи, соединяющей оба полюса, какъ желѣзный стержень, стало быть, не по направленію силовыхъ линій магнита, а по направленію къ нимъ перпендикулярному (см. рисунокъ выше). Итакъ, повидимому, тутъ имѣется явленіе совершенно новаго рода, которое еще требуетъ новаго механическаго истолкованія. Но немного размысливъ, мы безъ труда найдемъ его причину, которая вполнѣ проста. Магнитныя, притягивающіяся къ магниту тѣла занимаютъ по отношенію къ нему совершенно то же положеніе, что вообще всякаго рода массы по отношенію къ всемірному тяготѣнію. Числа, помѣщенныя у насъ въ этихъ двухъ рядахъ, можно уподобить удѣльнымъ вѣсамъ этихъ веществъ; въ примѣненіи къ магнитнымъ силамъ, они представляютъ собой ихъ магнитныя плотности. Но кусокъ дерева выталкивается на поверхность воды, испытываетъ толчокъ по направленію отъ центра земли, а свинецъ въ водѣ, наоборотъ, увлекается внизъ, несмотря на то, что на дерево и свинецъ дѣйствуетъ одна и та же сила притяженія земли. Архимедову принципу (см. стр. 110) слѣдуютъ и магнитныя притяженія въ средѣ, представляющей необходимое сопротивленіе; такой средой является эѳиръ, который оказываетъ почти такое же магнитное сопротивленіе, какъ и воздухъ. Висмутъ магнитно легче воздуха, желѣзо—магнитно тяжелѣе; поэтому висмутъ въ воздухѣ или въ безвоздушномъ пространствѣ долженъ претерпѣвать отталкиваніе. Согласно требованіямъ общихъ законовъ механики висмутовый стержень противопоставляетъ силовымъ линіямъ свою боковую поверхность, располагается экваторіально, занимаетъ не полярное положеніе, какъ желѣзо. Если такое объясненіе діамагнитизма правильно, то это свойство тѣлъ не является чѣмъ то неизмѣнно имъ присущимъ; тѣло можетъ становиться то діамагнитнымъ, то парамагнитнымъ, въ зависимости отъ магнитной плотности среды, въ которой оно движется: вѣдь желѣзо, плавая въ ртути, тонетъ въ водѣ. Что это такъ на самомъ дѣлѣ и есть, доказалъ въ своихъ опытахъ Фарадей. Онъ приготовилъ три раствора одной магнистой желѣзистой соли въ разныхъ разведеніяхъ, которыя опредѣляли собой и степень ихъ магнитной плотности. Жидкости эти наливались въ стекляныя трубки и при помѣщеніи ихъ между полюсами магнита проявляли тѣ же свойства, что и желѣзо. Совершенно не то получалось, когда онъ погружалъ эти трубки одну за другой въ сосудъ съ растворомъ той же жидкости. Если растворъ въ сосудѣ былъ слабѣе, нежели растворъ въ трубкѣ, то такая трубка занимала въ магнитномъ полѣ, попрежнему, полярное положеніе, при обратномъ же соотношеніи плотностей обоихъ растворовъ, она располагалась



Дѣйствіе магнита на жидкость. См. текстъ, стр. 289



Положеніе діамагнитнаго висмута между полюсами магнита.
См. текстъ, ниже.



Дѣйствіе магнита на жидкость. См. текстъ, стр. 289

экваторіально. При такомъ расположеніи опыта діамагнитнымъ оказывался и растворъ самого желѣза.

Если помѣстить надъ полюсами магнита чашку съ жидкостью, то въ зависимости отъ своихъ магнитныхъ свойствъ жидкость принимаетъ форму, напоминающую намъ капиллярныя притяженія и отталкиванія (см. рисунокъ на стр. 288). Пламя, благодаря сгорающимъ въ немъ газамъ или носящимся въ немъ мелкимъ матеріальнымъ частичкамъ, пріобрѣтаетъ магнитныя свойства и принимаетъ подъ вліяніемъ магнитовъ различнаго вида своеобразныя формы (см. рисунки ниже).

Своеобразно проявляются магнитныя свойства, какъ всѣ другія свойства, въ кристаллахъ неправильной системы, которыми мы такъ много занимались при изученіи свѣтовыхъ явленій. Въ то время какъ правильные кристаллы не обнаруживаютъ по отношенію къ магнитнымъ явленіямъ никакихъ особенностей, кристаллы неправильной системы поворачиваются и принимаютъ такое положеніе относительно силовыхъ линій, чтобы магнитный вихрь внутри ихъ встрѣчалъ наименьшее сопротивленіе. Мы знаемъ, что направленія наименьшаго сопротивленія въ кристаллахъ указываются ихъ спайностью и отношеніемъ къ поляризованному свѣту (см. стр. 266); мы можемъ выразиться иначе, придать этому факту обратное толкованіе, сказавъ, что желѣзо подъ вліяніемъ намагничиванія размѣщаетъ свои молекулы такъ, что пріобрѣтаетъ свойства кристалловъ. Въ общемъ смыслѣ можно понимать подъ намагничиваніемъ тѣла наступленіе нѣкотораго кристаллическаго состоянія. Позже намъ еще не разъ придется говорить о взаимоотношеніяхъ такого рода.





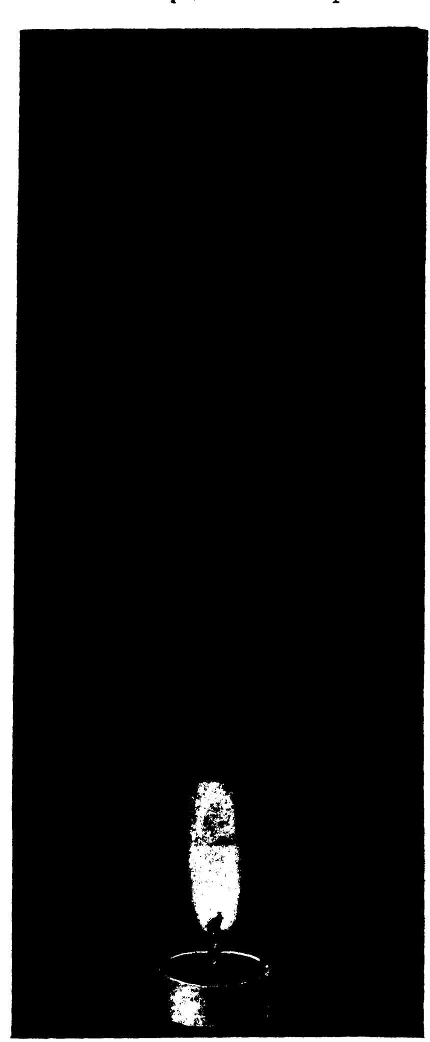
Дѣйствіе магнита на пламя. См. текстъ, выше.

Съ другой стороны, магнитный вихрь оказываетъ обратное дѣйствіе на группировку молекулъ въ кристаллахъ. Плоскость поляризаціи свѣтового луча (см. рис стр. 266) подъ вліяніемъ магнитной силы поворачивается въ сторону, опредѣляемую направленіемъ этой силы. Впервые обнаружилъ это „магнитно-свѣтовое“ явленіе тотъ же Фарадей; онъ вставлялъ въ отверстіе, просверленное въ полюсахъ электромагнита стеклянный брусокъ (на нашемъ рисункѣ, на стр. 291, g) и пропускалъ сквозь него изъ a поляризованный свѣтъ, который наблюдали въ d. Сперва, пока магнитъ еще не началъ дѣйствовать, зрительное поле въ поляризаціонномъ аппаратѣ (см. стр. 271) было темнымъ; но стоило появиться въ немъ магнитной силѣ, и оно просвѣтлѣвало; затѣмъ, при поворотѣ анализатора на извѣстный уголъ, оно снова затемнялось. Стало быть, это и былъ тотъ самый уголъ, на который повернулась плоскость поляризаціи подъ вліяніемъ магнитной силы.

Разъ эти взаимоотношенія между свѣтомъ и магнитизмомъ показали, что магнитная сила дѣйствуетъ на свѣтовыя колебанія направляющимъ образомъ, то отсюда можно было предположить уже напередъ, что она должна произвести извѣстное измѣненіе и въ величинѣ этихъ колебаній: измѣненіе направленія неизбѣжно связано съ поглощеніемъ силы, проявляемой этими колебаніями. Если вращающійся билліардный шаръ пріобрѣтаетъ другое направленіе движенія, отличное отъ того, по которому онъ катился раньше, то это можетъ произойти лишь за счетъ скорости его вращенія. Такого рода дѣйствіе сильнаго магнитнаго поля на свѣтовыя колебанія было дѣйствительно открыто Цееманомъ при изслѣдованіи въ спектроскопъ свѣтового луча, пробѣгавшаго по близости отъ очень сильнаго электромагнита. Это необычайно поражающее

Дѣйствіе магнита на пламя.
См. текстъ, выше.

каждаго явленіе Цеемана состоитъ въ томъ, что каждая изъ простыхъ спектральныхъ линій распадается на двѣ, на три и даже на восемь отдѣльныхъ линій. Характеръ этого распаденія линій на части измѣняется въ зависимости отъ того, будетъ ли взятый нами лучъ параллеленъ силовымъ линіямъ или будетъ ихъ пересѣкать. Всѣ эти линіи даютъ поляризованный свѣтъ, причемъ извѣстное число вполнѣ опредѣленныхъ линій поляризовано въ одномъ направленіи, остальныя же — въ направленіи обратномъ. Благодаря этому при помощи полярископа можно отдѣлить эти линіи другъ отъ друга; при этомъ получаются типичныя группы линій, и на такія группы обыкновенныя спектральныя линіи и разрѣшаются (см. чертежъ на стр. 291). Верхнія группы A, B, C и т. д., какъ оказывается, поляризованы въ одномъ направленіи, нижнія—A′, B′, C′ и т. д. въ другомъ; такимъ то путемъ изъ простыхъ линій получаются тройныя, четверныя, шестерныя и т. д. линіи. Теоретически необходимость этого явленія достаточно установлена въ общихъ чертахъ уже фактомъ вращенія плоскости поляризаціи въ магнитномъ полѣ, но есть нѣкоторыя частности, которыя требуютъ дальнѣйшаго объясненія. Такъ, напримѣръ, надо еще объяснить, почему различныя линіи одного и того же спектра распадаются на составляющія ихъ линіи неодинаково. Линія натрія D_1 раскалывается по типу CC1, тогда какъ линія D_2 того же спектра, которая, какъ извѣстно, лежитъ такъ близко отъ D_1, что въ менѣе сильный спектроскопъ съ ней сливается, въ магнитномъ полѣ распадается на группу типа DD_1, то есть на шесть новыхъ линій; сосѣдка же ея $D_1{}^0$ распалась всего на четыре. Но именно эти особенности и позволятъ намъ нѣкогда глубже заглянуть въ міръ тѣхъ молекулярныхъ системъ, которыя оказываютъ на попадающія къ нимъ волны эѳира столь многообразныя, но въ то же время столь строго закономѣрно опредѣленныя вліянія.

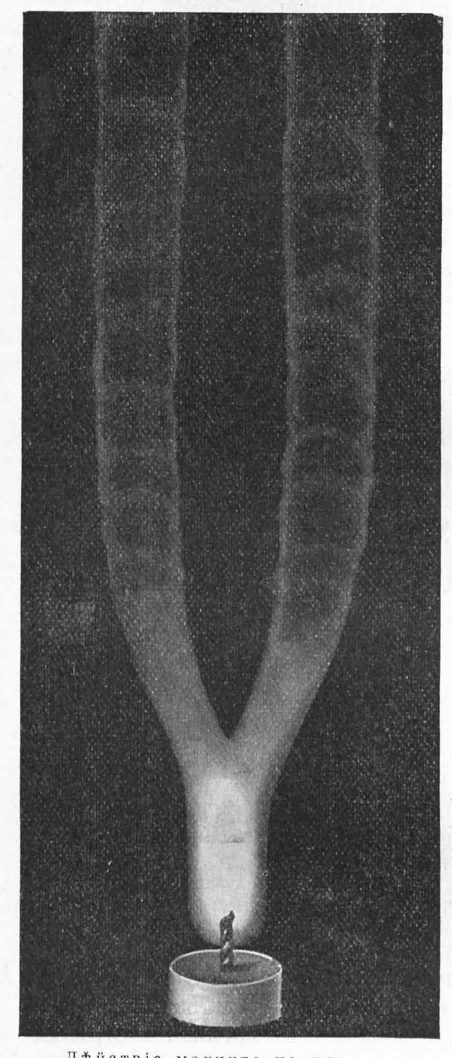


Дѣйствіе магнита на пламя. См. текстъ, стр. 289.

в) Земной магнетизмъ.

Магнитная стрѣлка, которой мы неоднократно пользовались, устанавливается, если только вблизи ея нѣтъ другихъ магнитовъ, какъ извѣстно, по совершенно опредѣленному направленію—съ юга на сѣверъ или, точнѣе говоря, по направленію **магнитнаго меридіана**. Въ силу этого именно свойства мы и различаемъ въ магнитѣ дѣйствующіе его концы, называя ихъ сѣвернымъ и южнымъ полюсами: а именно, полюсъ магнита, обращенный на сѣверъ, мы называемъ его сѣвернымъ полюсомъ, несмотря на то, что вслѣдствіе отталкиванія одноименныхъ полюсовъ, его въ сущности слѣдовало бы назвать, наоборотъ, — полюсомъ южнымъ.

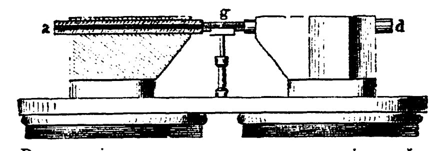
Результаты наблюденій надъ магнитной стрѣлкой, помѣщенной въ присутствіи другихъ магнитовъ, приводятъ насъ къ такого рода выводу: магнитная стрѣлка устанавливается сама собой по опредѣленному направленію либо потому, что сама земля представляетъ изъ себя большой магнитъ, либо потому, что внутри ея



Дѣйствіе магнита на пламя.
См. текстъ, стр. 289.

какъ на дальнемъ сѣверѣ, такъ и на дальнемъ югѣ находятся большія и мощныя залежи магнитнаго желѣзняка. Но при болѣе точномъ изслѣдованіи дѣйствій этой направляющей силы земли, этого земного магнетизма, оказывается, что дѣло обстоитъ далеко не такъ просто.

Прежде всего отмѣтимъ то обстоятельство, что направленіе магнитной стрѣлки вовсе не совпадаетъ съ астрономическимъ меридіаномъ, то есть съ геометрическимъ положеніемъ плоскости, проходящей черезъ южный и сѣверный полюса земли. Уголъ между этимъ астрономическимъ меридіаномъ и меридіаномъ магнитнымъ, въ которомъ располагается наша стрѣлка, носитъ названіе магнитнаго склоненія. Величина его для разныхъ мѣстъ и въ разныя времена неодинакова. Напримѣръ, въ Парижѣ въ 1880 году склоненіе равнялось 16,87°, въ Лондонѣ 18,75, причемъ конецъ стрѣлки, указывавшій на сѣверъ, былъ отклоненъ отъ астрономическаго меридіана къ западу, въ 1698 г. для Парижа и Лондона склоненія имѣли въ томъ же направленіи величины 7,67° и 7°. Въ 16-томъ столѣтіи склоненіе въ нашихъ мѣстахъ было восточнымъ и теперешнее западное склоненіе неизмѣнно уменьшается. Въ измѣненіяхъ этихъ наблюдается строгая систематичность; такія измѣненія называются варіацiей склоненія.



Вращеніе плоскости поляризаціи свѣтового луча магнитомъ. См. текстъ, стр. 289.

Какъ извѣстно, этой направляющей силой земного магнетизма пользуются для того, чтобы оріентироваться въ открытомъ океанѣ. Предназначенная для этой цѣли, вставленная въ особаго рода оправу магнитная стрѣлка называется компасомъ. Китайцы, повидимому, умѣли пользоваться этимъ инструментомъ, (въ формѣ небольшого магнита, укрѣпленнаго на пробкѣ, и плававшаго на водѣ,) уже въ самомъ началѣ нашего лѣтосчисленія: такъ, объ императорѣ Гоангти, который жилъ за 2700 лѣтъ до Р. Хр., разсказываютъ, что у него на дорожномъ экипажѣ была укрѣплена фигура, которая показывала всегда на югъ. Въ Европѣ компасъ появляется лишь въ началѣ 14-аго столѣтія; по всей вѣроятности, онъ завезенъ былъ сюда изъ Китая. Въ настоящее время компасы и умѣніе правильно оріентироваться въ любомъ мѣстѣ на основаніи лишь ихъ указаній достигли большаго совершенства. Обыкновенно на кружкѣ, на картушкѣ компаса, распредѣляютъ въ теоретически предвычисленномъ порядкѣ извѣстное число тонкихъ полосовыхъ магнитовъ, благодаря чему весь кругъ, на которомъ нанесены въ извѣстномъ порядкѣ всѣ страны свѣта, вращается или, лучше сказать, неизмѣнно удерживается, подъ вліяніемъ направляющей силы земного магнитизма въ одномъ положеніи, какія бы движенія ни совершалъ подъ нимъ самъ корабль; вмѣстѣ съ тѣмъ устранены, благодаря такому устройству прибора, и покачиванія магнитной стрѣлки около нѣкотораго положенія равновѣсія, и стрѣлка устанавливается здѣсь сразу. Кардановъ подвѣсъ кружка, устройство котораго видно изъ рисунка, помѣщеннаго на стр. 392, дѣлаетъ то, что компасъ остается въ горизонтальномъ положеніи и при вертикальныхъ покачиваніяхъ корабля. Далѣе, соотвѣтственнымъ распредѣленіемъ неподвижныхъ магнитовъ въ коробкѣ компаса, которое устанавливается эмпирически, можно устранить вредное вліяніе всегда нѣсколько намагниченныхъ желѣзныхъ частей корабля, эту такъ называемую девіацію. Рисунокъ, помѣщенный у насъ на стр. 293, переноситъ насъ на капитанскій мостикъ океанскаго парохода Сѣверо-германскаго Ллойда, гдѣ сзади, посреди мостика установленъ компасъ. Мы видимъ тамъ массивное желѣзное ядро: оно служитъ противовѣсомъ магнитному вліянію желѣзныхъ частей корабля. Надъ коробкой компаса находится визиръ, при помощи котораго можно опредѣлить положеніе, скажемъ, маяка по отношенію къ направленію, указываемому стрѣлкой, то есть можно, какъ говорятъ „взять пеленгу“. На первомъ планѣ справа стоитъ офицеръ, при-



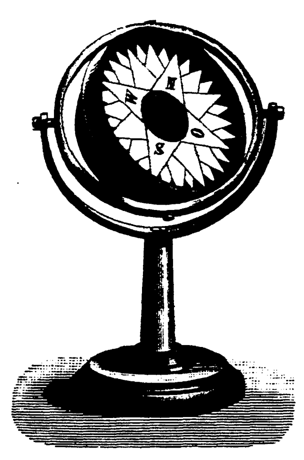
Цеемановское явленіе. См. текстъ, стр. 290.

готовившійся опредѣлять высоту солнца съ помощью секстанта, описаннаго у насъ уже раньше.

Моряки называютъ магнитное склоненіе **отклоненіемъ**. На корабельныхъ картахъ оно изображается какъ погрѣшность указанія компаса для соотвѣтственнаго мѣста.

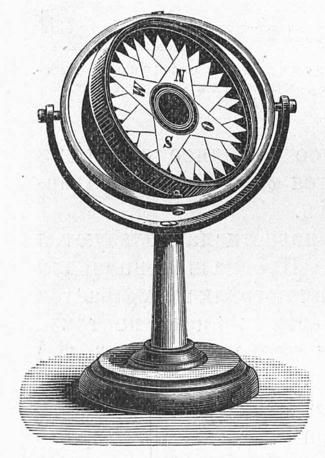
Открылъ фактъ зависимости величины этого отклоненія отъ географической широты Колумбъ, когда ему пришлось убѣдиться въ томъ, что, несмотря на правильность разсчета, онъ сильно отклонился отъ намѣченнаго пути.

Вотъ почему для успѣха мореплаванія представлялось дѣломъ первостепенной важности изслѣдовать элементы земного магнитизма самымъ точнымъ образомъ. Въ настоящее время въ этомъ направленіи сдѣлано такъ много, что на наиболѣе оживленныхъ линіяхъ, каковы, напримѣръ, рейсы между Европой и Америкой, капитанъ направляетъ съ мостика свой корабль по океану при помощи компаса и лота вѣрнѣе, чѣмъ по неподвижнымъ звѣздамъ, которыми онъ пользуется лишь между прочимъ, глядя на это, какъ на своего рода научную роскошь. Наряду со склоненіемъ магнитной стрѣлки, наблюдается также и ея **наклоненіе**. Если подвѣсить такую стрѣлку такъ, чтобы она могла двигаться не только горизонтально, но и верткально, то сѣверный ея конецъ будетъ образовывать съ землей извѣстный уголъ (см. рис. на стр. 294). Величина этого принимаемаго стрѣлкой направленія точно также стоитъ въ зависимости отъ мѣста и времени. Въ Гёттингенѣ въ 1893 году наклоненіе равнялось $66{,}_{28}^{0}$, а въ 1806 году $69{,}_{48}^{0}$. Въ полярныхъ странахъ наклоненіе доходитъ до 90^{0}, такъ что тутъ стрѣлка бываетъ направлена прямо внизъ. Здѣсь то находится магнитный полюсъ, въ которомъ пересѣкаются всѣ магнитные меридіаны. Магнитный полюсъ лежитъ между 70^{0} сѣв. широты и 264^{0} восточной долготы отъ Гринвича, а именно на одномъ изъ острововъ арктическаго архипелага Америки, **Боотіи Феликсъ**. **Джонъ Россъ** очутился въ этомъ замѣчательномъ пунктѣ въ 1831 году и съ удивленіемъ увидѣлъ, что здѣсь магнитная стрѣлка направлена прямо къ центру земли, какъ будто тамъ находился источникъ таинственной направляющей силы. На другой сторонѣ земного шара, разумѣется, находится соотвѣтствующій сѣверному магнитному полюсу южный магнитный полюсъ. Но такъ какъ о высокихъ южныхъ широтахъ у насъ вообще имѣются только самыя скудныя свѣдѣнія, то и магнитныя вліянія въ этихъ мѣстахъ въ частности могли быть изучены лишь въ самыхъ общихъ чертахъ. Надо надѣяться, что экспедиціи въ южныя полярныя страны, которыя теперь снаряжаются цѣлымъ рядомъ націй, пополнятъ этотъ въ высшей степени замѣтный пробѣлъ въ наукѣ о взаимодѣйствіяхъ силъ природы, охватывающихъ нашъ земной шаръ.



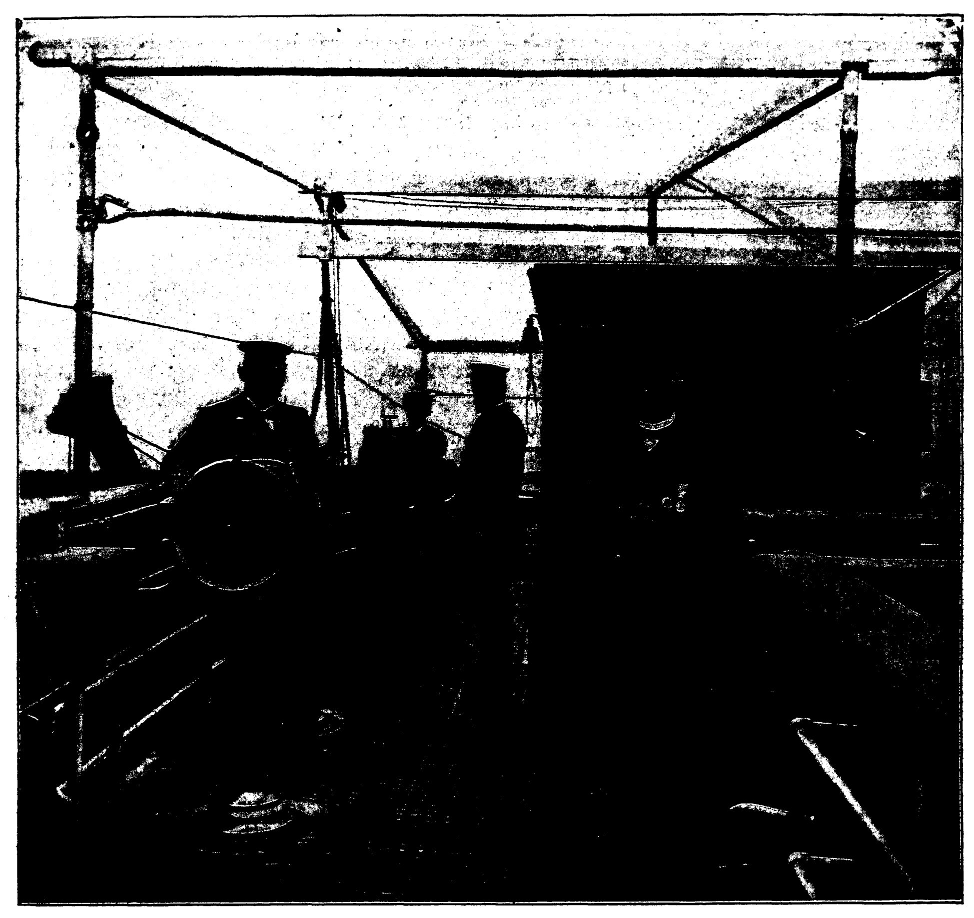
Корабельный компасъ въ кардановомъ подвѣсѣ. См. текстъ, стр. 291.

Чтобы составить себѣ взглядъ на дѣйствіе земного магнитизма, необходимо было отправиться отъ какого-нибудь предположенія. Сначала была предложена гипотеза, усматривавшая въ центрѣ земли мѣсто нахожденія нѣкотораго магнита, а отсюда вытекала задача опредѣленія положенія и величины такого магнита, которымъ можно было бы объяснить всѣ магнитныя явленія, наблюдаемыя въ разныхъ точкахъ земли. Но съ тѣхъ поръ какъ элементы магнитизма въ разныхъ частяхъ земного шара были изучены сколько-нибудь точно, чѣмъ мы обязаны настоятельнымъ указаніямъ **Александра фонъ Гумбольдта** (см. портретъ на стр. 295), эта задача стала совершенно немыслимой. Устроенныя теперь повсюду магнитныя обсерваторіи, оборудованныя самыми чувствительными инструментами, установили со всей несомнѣнностью, что распредѣленіе магнитныхъ силовыхъ линій, помимо какихъ бы то ни было магнитныхъ возмущеній мѣстнаго характера, далеко не такъ просто, какъ это было бы при наличности одного только центральнаго



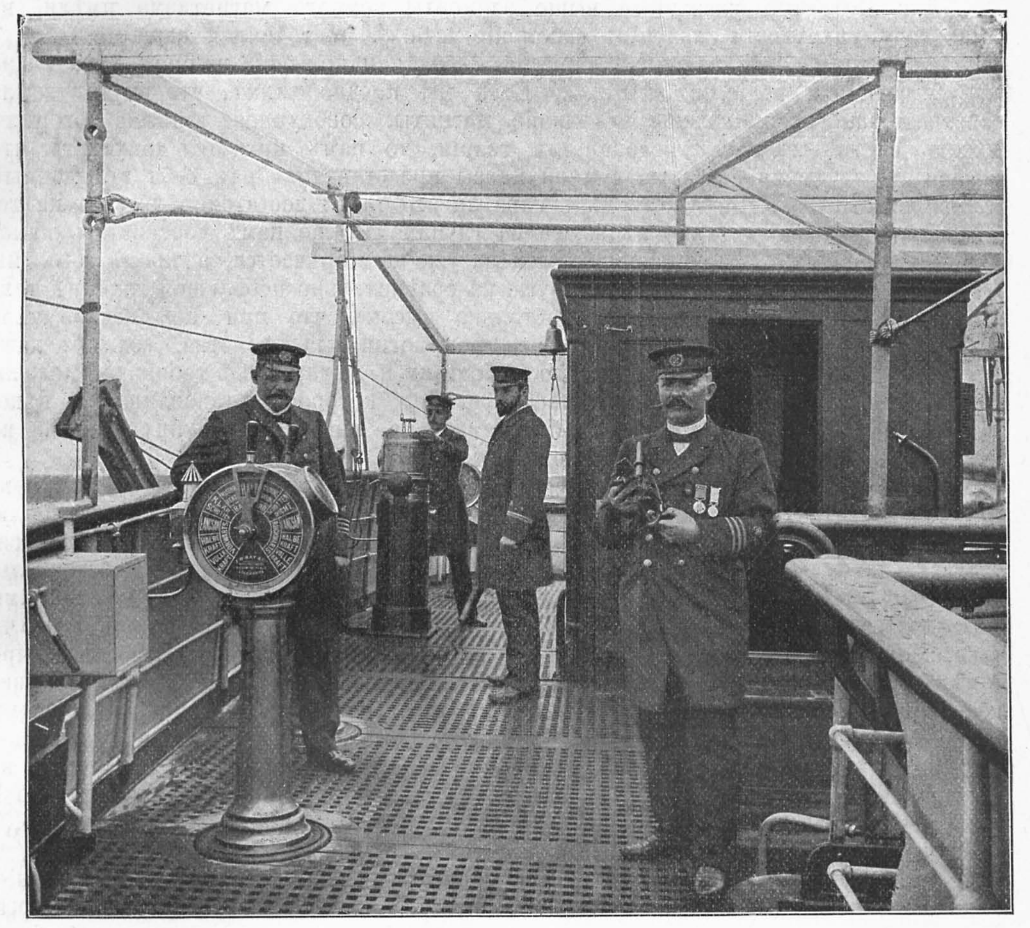
Корабельный компасъ въ кардановомъ подвѣсѣ. См. текстъ, стр. 291.

магнита. Если соединить на землѣ всѣ пункты, въ которыхъ въ одно и то же время будетъ одно и то же склоненіе, линіями изогоническими, то эти изогоны, какъ меридіаны, будутъ представлять изъ себя круги вертикальные; что же касается до линій, соединяющихъ мѣста одинаковаго наклоненія, до такъ называемыхъ изоклинъ, то это будутъ круги параллельные. У насъ на стр. 296 помѣщены карты всѣхъ частей свѣта, на которыхъ нанесены и эти линіи; съ перваго же взгляда видно, что опредѣляемая



Капитанскій мостикъ на океанскомъ пароходѣ Сѣверо-германскаго Ллойда съ компасомъ и визиромъ. См. текстъ, стр. 293.

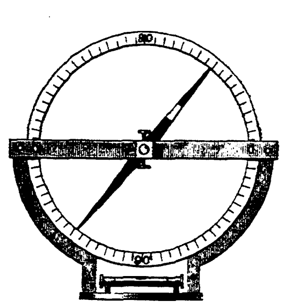
ими и несомнѣнно существующая закономѣрность носитъ хотя неодинаковый, но сходный характеръ. Точно также пришлось отказаться отъ гипотезы одного или двухъ магнитовъ, эксцентрически помѣщенныхъ внутри земли. Гауссъ изъ Гёттингена высказалъ предположеніе о существованіи цѣлаго множества небольшихъ магнитовъ, равномѣрно распредѣленныхъ по массѣ земли; онъ во всякомъ случаѣ ближе другихъ подошелъ къ тому, что даютъ наблюдаемые факты, и потому является настоящимъ основателемъ теоріи земного магнитизма. По его вычисленіямъ магнитная ось земли проходитъ между 77° 50′ сѣв. широты и точно такой же южной широты, при томъ въ направленіи отъ 296°29′ вост. долготы до 116°29′. Полюсы на земной поверхности не совпадаютъ съ концами оси. По разсчету Гаусса они лежатъ: сѣверный при 73°35 сѣв. широты и 264°21′ восточн. долготы, и южный при 72° 35′ южной широты и 152° 30′ восточной долготы. Разница между предвычисленнымъ положеніемъ сѣвернаго полюса и наблюденнымъ не превышаетъ $3{,}5^0$.



Капитанскій мостикъ на океанскомъ пароходѣ Сѣверо-германскаго Ллойда съ компасомъ и визиромъ. См. текстъ, стр. 293.

Кромѣ этихъ элементовъ, мы разлагаемъ еще силу земного магнетизма. Для опредѣленія ея пользуются наблюденіемъ ея горизонтальной составляющей, которую опредѣляютъ по колебаніямъ магнитнаго стержня съ заранѣе вычисленнымъ моментомъ инерціи. Гауссъ нашелъ, что магнитный моментъ земли равняется $0,_{331} \times R^3$, гдѣ R радіусъ земли долженъ быть выраженъ въ сантиметрахъ, потому что сантиметръ является единицей той системы сантиметръ-граммъ-секунда, которую мы опредѣлили уже выше.

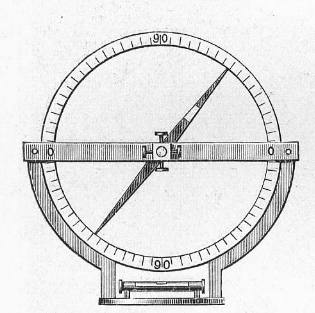
Для Потсдама указанные выше элементы земного магнетизма имѣли, въ 1900 году слѣдующія значенія: склоненіе $9^0 56,_3'$, W годичная варіація — $4,_4'$; наклоненіе $66^0 33,_7'$ N, годичная варіація + $0,_4'$; напряженіе земного магнетизма $0,_{47375}$, годичная варіація + $0,_{00078}$. Если мы предположимъ, что внутри земли дѣйствительно распредѣлены небольшіе магниты, совокупное дѣйствіе которыхъ можетъ соотвѣтствовать требованіемъ теоріи, то намъ придется допустить, что каждая десятитысячная часть земной массы представляетъ изъ себя порядочный стальной магнитъ. На самомъ дѣлѣ едва ли это такъ; достаточно указать на то, что въ землѣ на глубинахъ еще намъ доступныхъ намагниченнаго желѣза уже не встрѣчается, а кромѣ того, мы знаемъ, что уже на сравнительно небольшой глубинѣ температура настолько высока, что при ней всякое тѣло должно потерять свои магнитныя свойства, если бъ даже ими обладало. Поэтому и въ гауссовой теоріи мы должны видѣть только фикцію, которая устанавливаетъ нѣкоторый общій взглядъ на извѣстную группу явленій, но не объясняетъ ихъ.



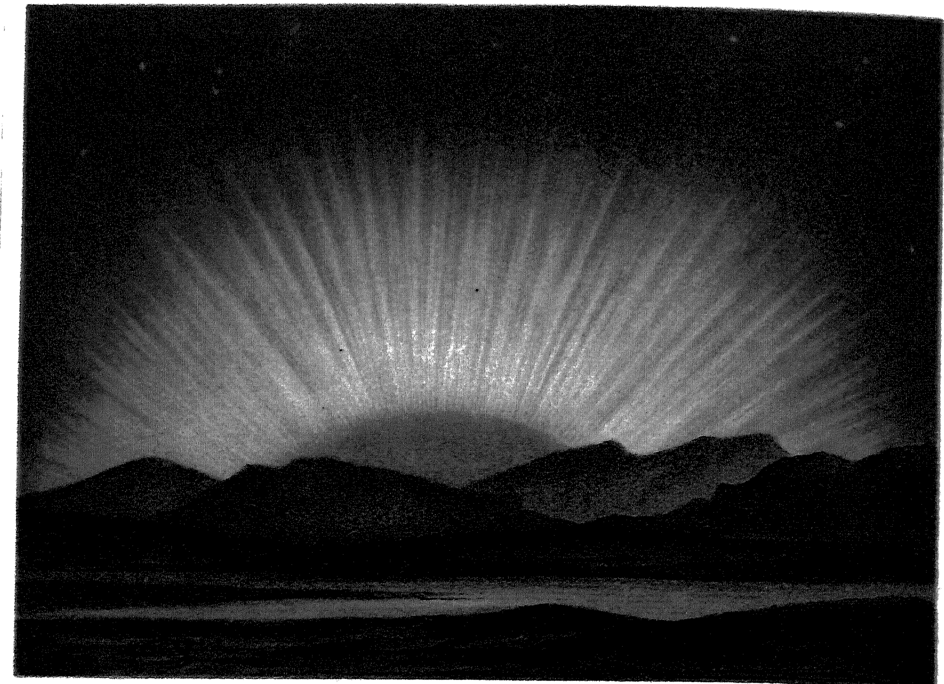
Буссоль наклоненія.

Во всякомъ случаѣ не всѣ причины явленій земного магнитизма можно отнести къ внутренности земли, часть ихъ надо искать далеко за предѣлами ея во вселенной; въ пользу этого положенія говоритъ то обстоятельство, что магнитные элементы наряду съ уже упомянутыми вѣковыми измѣненіями претерпѣваютъ еще варіаціи годичныя и суточныя. Магнитная стрѣлка какъ бы слѣдитъ за ходомъ солнца: это показываютъ четыре помѣщенныхъ на стр. 297 замкнутыхъ кривыхъ, выражающихъ среднее суточное движеніе магнитной стрѣлки: несмотря на то, что онѣ относятся къ мѣстамъ, отдѣленнымъ другъ отъ друга большими разстояніями, форма ихъ совершенно сходна. Магнитная стрѣлка также подвержена вліянію первопричинѣ всѣхъ движеній, совершающихся на землѣ. Такъ, средняя разница склоненія въ Геттингенѣ между 8 часами утра и 1 часомъ пополудни равнялась въ Апрѣлѣ 1837 : $18,_8'$, а въ Декабрѣ лишь $5,_4'$; два года спустя въ тѣ же мѣсяцы и для тѣхъ же часовъ дня мы имѣемъ $14,_0'$ и $4,_1'$. Стало быть, и тутъ показываются непрерывныя и періодическія колебанія. Сюда же относятся, конечно, и тѣ внезапные скачки магнитной стрѣлки, которые часто имѣютъ очень значительную величину; благодаря этому по колебаніямъ магнитной стрѣлки мы можемъ судить о магнитныхъ буряхъ, которыя распространяются по всей планетѣ почти одновременно, какъ показываютъ помѣщенныя на стр. 298 кривыя, которыя вычерчены самозаписывающими магнитными стрѣлками въ мѣстахъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга очень большими разстояніями.

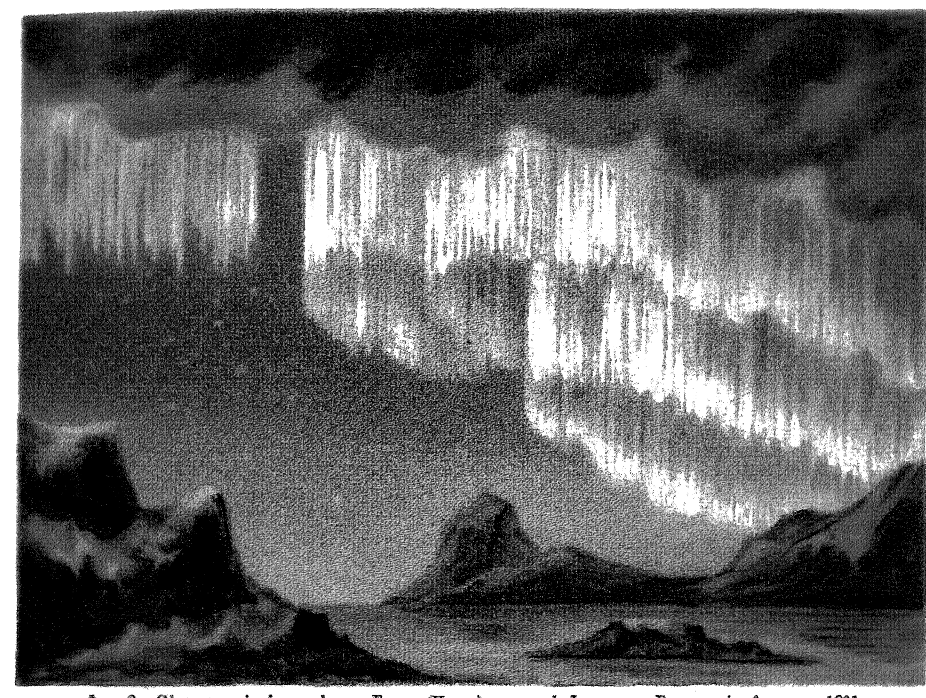
Часто, но не всегда, такія бури сопровождаются видимыми явленіями, подобными изображеннымъ у насъ на приложеніи: „Сѣверныя сіянія"; сіяніе вспыхиваетъ на полюсахъ въ обѣихъ частяхъ нашей планеты одновременно, и таинственные лучи обоихъ сіяній соединяются другъ съ другомъ далеко за предѣлами экватора. Бываетъ и такъ, что стрѣлка въ отрѣзанной отъ всего міра магнитной обсерваторіи внезапно начинаетъ быстро колебаться тогда, когда на центральномъ свѣтилѣ нашей системы на разстояніи 20 милліоновъ миль отъ насъ появляется исключительныхъ размѣровъ солнечное пятно и когда, вслѣдствіе вращенья обоихъ свѣтилъ, оно находится на кратчайшемъ отъ насъ разстояніи; какъ показалъ Вольфъ въ Цюрихѣ, обычному одиннадцати-дневному періоду появленія солнеч-



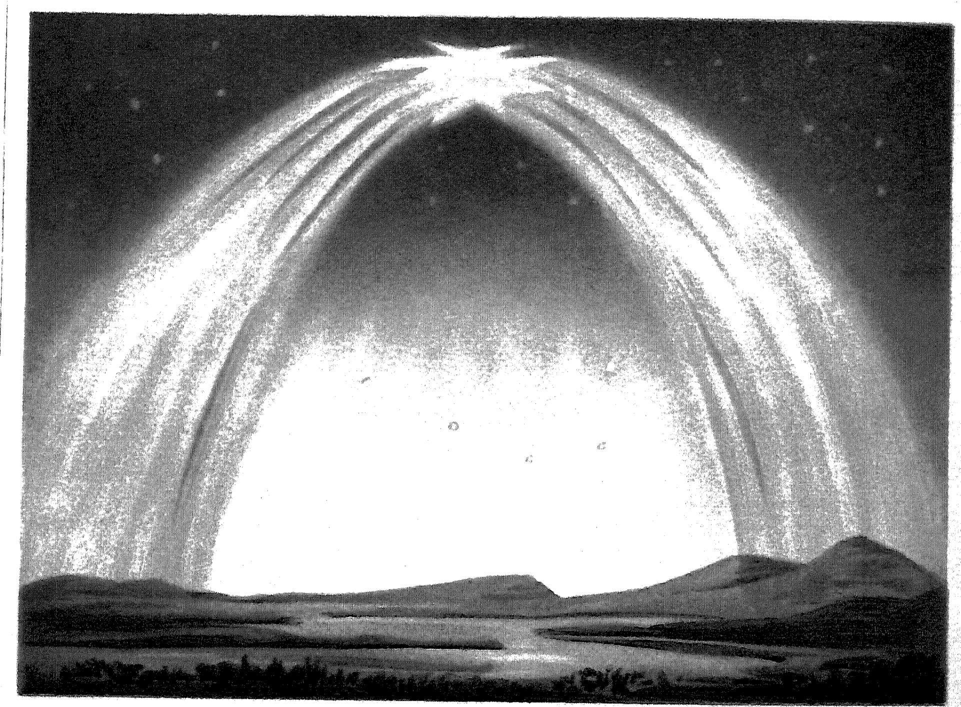
Буссоль наклоненія.



Фиг. 1. Обычный видъ сѣвернаго сіянія въ Германіи и южной части Скандинавскаго полуострова.



Фиг. 2 Сѣверное сіяніе, видѣнное Геемъ (Hayes) въ портѣ Фульке въ Гренландіи, 6 января 1861 г.



Фиг. 3. Сѣверное сіяніе, видѣнное Капрономъ въ Гильдфордѣ въ Англіи, 24 октября 1870 г.



Фиг. 4. Сѣверное сіяніе, видѣнное Капрономъ на Гебридскихъ островахъ, 11 сентября 1874 г.

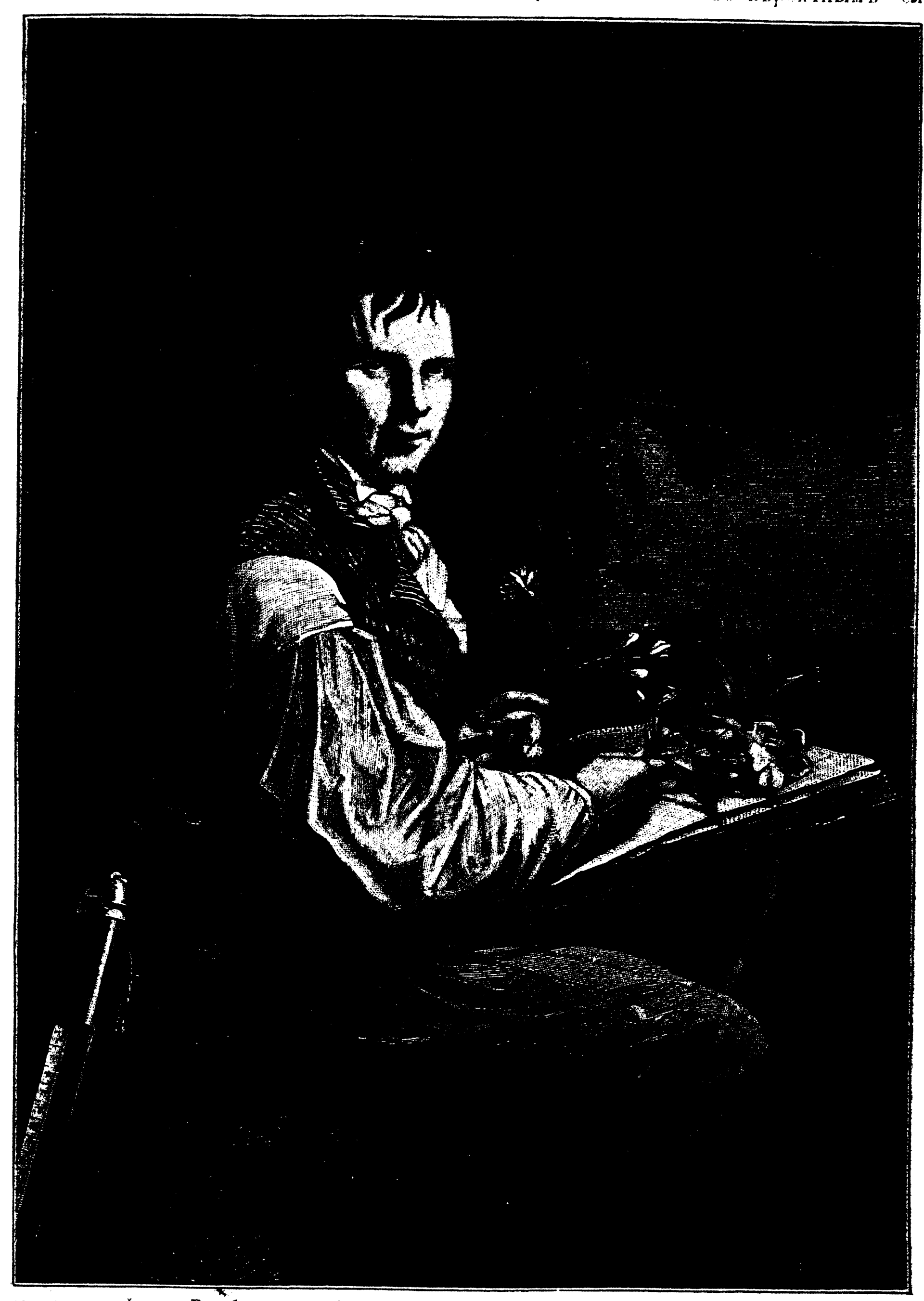
Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Сѣверное сіяніе.

Фиг. 2 Сѣверное сіяніе, видѣнное Геемъ (Hayes) въ портѣ Фульке въ Гренландіи, 6 января 1861 г.

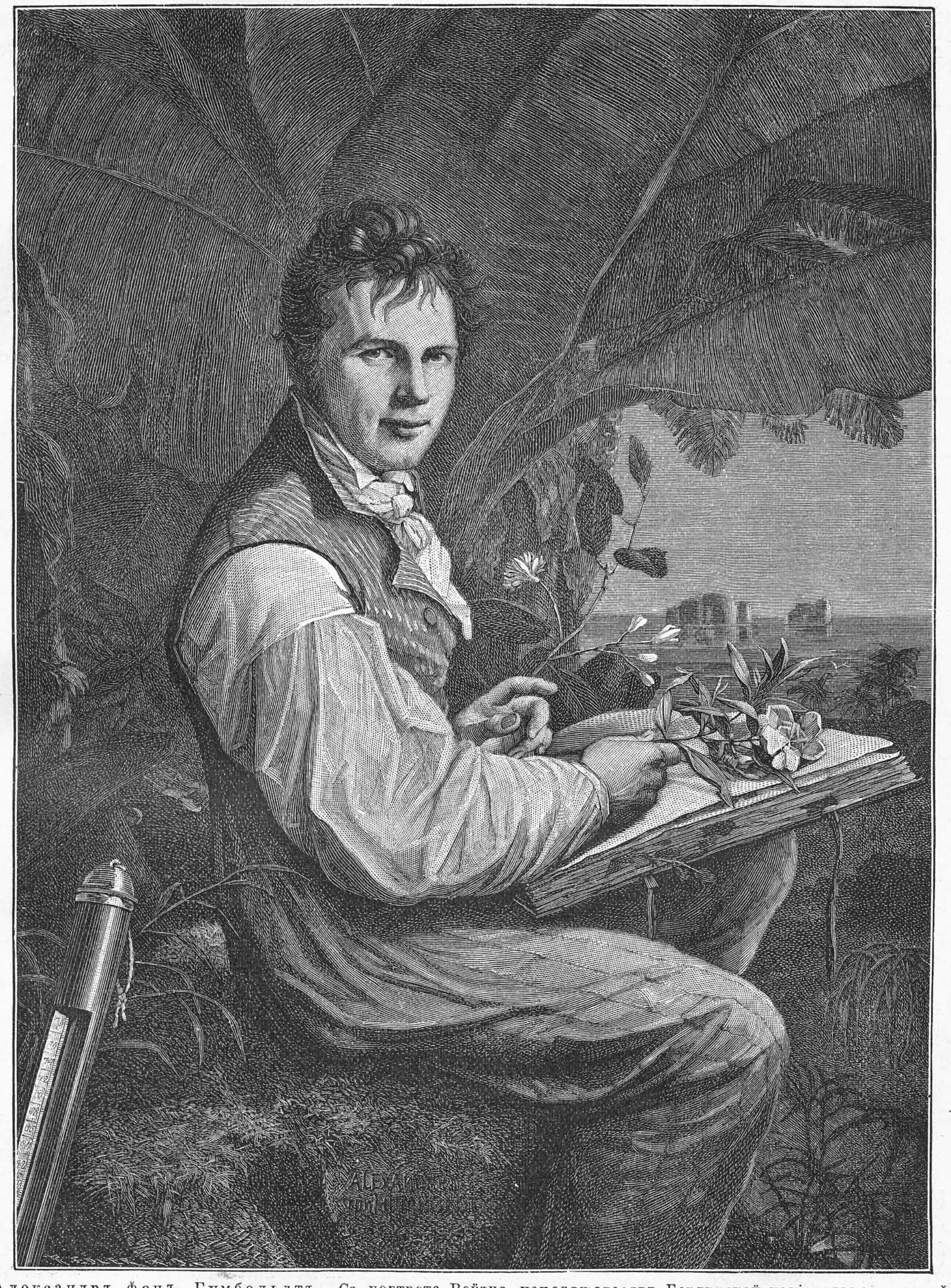
Фиг. 4. Сѣверное сіяніе, видѣнное Капрономъ на Гебридскихъ островахъ, 11 сентября 1874 г.

ныхъ пятенъ соотвѣтствуетъ и періодъ этихъ внезапныхъ возмущеній магнитной стрѣлки. Итакъ, на основаніи всѣхъ этихъ фактовъ наиболѣе вѣроятнымъ слѣ-



Александръ фонъ-Гумбольдтъ. Съ портрета Вейтча, находящагосяв Берлинской національной галереѣ См. текстъ, стр. 292.

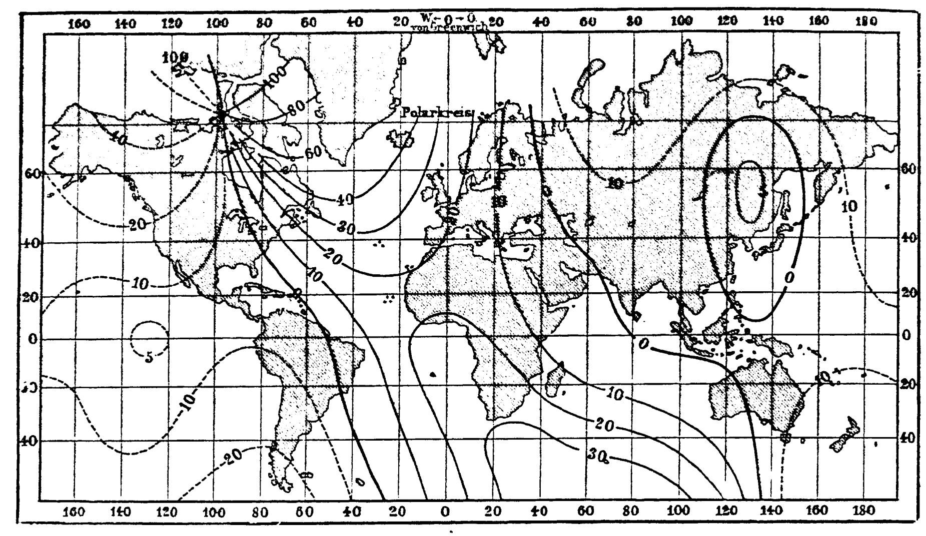
дуетъ признать такого рода предположеніе: земля представляетъ собой не столько магнитъ постоянный, сколько такой, въ которомъ магнитныя свойства возникаютъ черезъ вліяніе; дѣйствія его постоянно измѣняются подъ вліяніемъ



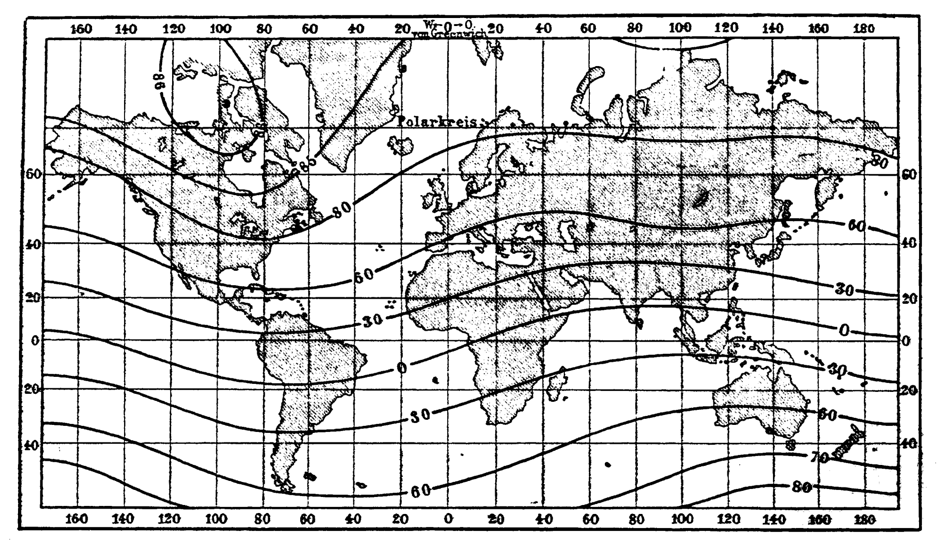
Александръ фонъ-Гумбольдтъ. Съ портрета Вейтча, находящагосявъ Берлинской національной галереѣ
См. текстъ, стр. 292.

измѣненій силовыхъ линій, которыя исходятъ изъ солнца и изъ другихъ космическихъ источниковъ эѳирныхъ вихрей, и которыя неминуемо должны пронизывать все мірозданіе.

При полныхъ солнечныхъ затменіяхъ, когда свѣтъ солнца для насъ уже погасъ, мы видимъ вокругъ свѣтила особаго рода сіяніе, корону, лучи которой



Ходъ изогонъ въ 1850 г. См. текстъ, стр. 293.



Ходъ изоклинъ въ 1860 г. См. текстъ, стр. 293.

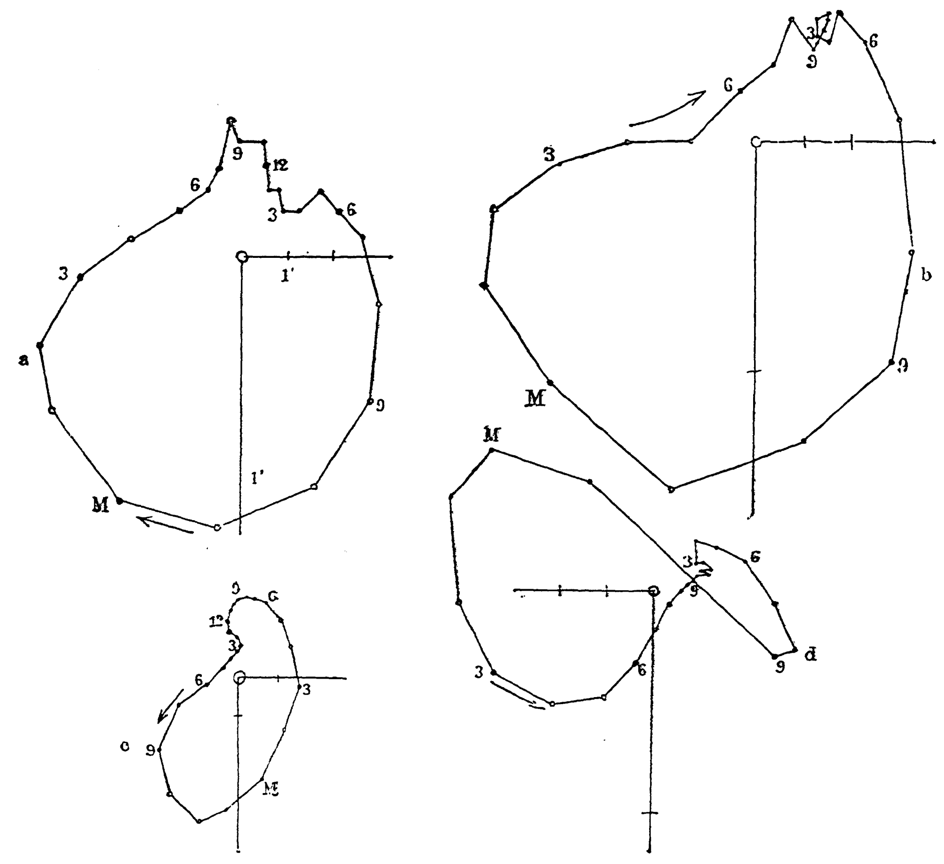
располагаются такъ, что чрезвычайно напоминаютъ собой силовыя линіи магнита; корона очень похожа на фигуры изъ желѣзныхъ опилокъ, получающіяся вокругъ магнита, имѣющаго форму кружка (см. рис. на стр. 299). Очевидно, здѣсь замѣшаны магнитные или вѣрнѣе электрическіе процессы, имѣющіе большое вліяніе на движенія магнитной стрѣлки.

Но къ такимъ крупнымъ воздѣйствіямъ на магнитную стрѣлку присоединяются еще такъ называемыя **мѣстныя вліянія**, которыя часто охватываютъ еще большія области. На стр. 300 изображена карта **Франціи** съ ея изогонами Мы видимъ, что къ сѣверу и югу отъ Парижа эти кривыя дѣлаютъ вполнѣ.

Ходъ изогонъ въ 1860 г. См. текстъ, стр. 293.

Ходъ изоклинъ въ 1860 г. См. текстъ, стр. 293.

замѣтное колѣно, которое тѣмъ не менѣе никакъ не можетъ быть объяснено такими внѣшними причинами, какъ горы или большія скопленія желѣза. Недавно въ Курской губерніи найденъ приблизительно на половинѣ пути отъ Москвы до Чернаго моря совершенно изолированный сѣверный магнитный полюсъ, на которомъ магнитная стрѣлка принимаетъ отвѣсное направленіе, а склоненіе можетъ имѣть любую величину. Мѣстность здѣсь представляетъ собой равнину и состоитъ



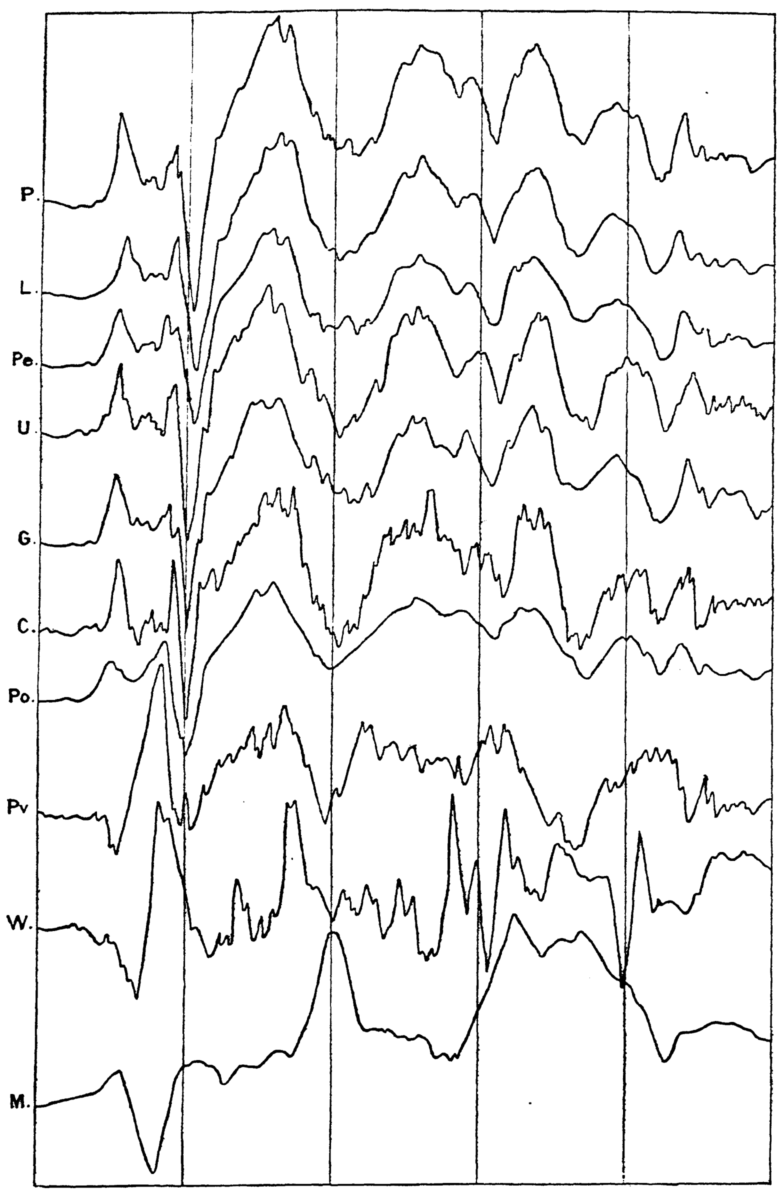
Суточный ходъ магнитной стрѣлки. См. текстъ, стр. 294.
Среднее изъ наблюденій: a) Петербургъ 1873—85; b) Потсдамъ 1893; c) Батавія 1884—93; d) Лиссабонъ 1884—93; M = полдень. Числами обозначены остальные часы.

изъ эоценовыхъ наслоеній, мѣла, мергеля, извести и т. д.; тутъ нѣтъ, стало быть, тѣхъ породъ, въ которыхъ можно было бы предположить существованіе большихъ залежей желѣзной руды, но тѣмъ не менѣе въ болѣе глубокихъ слояхъ желѣзо можетъ и оказаться. Въ такихъ случаяхъ роль магнитной стрѣлки та же, что и маятника (стр. 66); оба они обнаруживаютъ внутри земли мѣста, обладающія слишкомъ большой или слишкомъ ничтожной магнитной плотностью.

e) Статическое электричество.

Существуетъ группа явленій, которая, съ одной стороны, очень родственна явленіямъ магнетизма, съ другой же стороны, повидимому, рѣзко отъ нихъ отличается: явленія эти примыкаютъ къ извѣстному уже въ древности факту притяженія натертымъ янтаремъ легкихъ предметовъ, вродѣ кусочковъ бумаги, бузиновыхъ шариковъ и металлическихъ опилокъ. Мы знаемъ, что отъ янтаря (электронъ) получила свое названіе цѣлая группа явленій,—явленій электрическихъ. Но собственно электричество тренія, свойственное этой окаменѣлой смолѣ, соста-

вляетъ лишь довольно небольшую подгруппу, по сравненію со всѣми проявленіями той чудесной силы, которой овладѣла современная техника. Это электричество тренія въ отличіе отъ электрическихъ токовъ, которыми заниматься будемъ потомъ, называютъ также **статическимъ** (недвижущимся) **электричествомъ**.

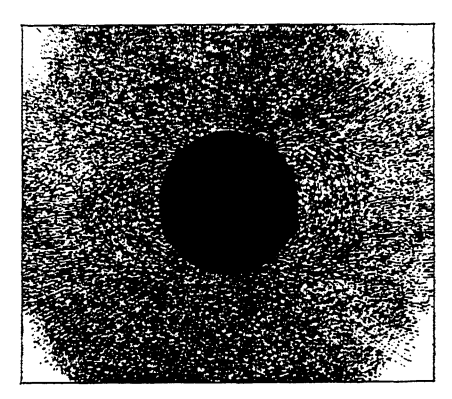


Вздрагиванія магнитной стрѣлки во время магнитной бури 19/19 Мая 1892 г. въ Парижѣ (P), Ліонѣ (L), Церпиньянѣ (Pe), Утрехтѣ, Гриничѣ (G), Копенгагенѣ (C), Полѣ (Po), Павловскѣ (Pv), Вашингтонѣ (W), Маврицiи (M). По Маскару. См. текстъ, стр. 294.

Указанныя нами свойства пріобрѣтаетъ при треніи не одинъ янтарь, — носителями ихъ становятся также резина, сѣра, шеллакъ, затѣмъ стекло, шелкъ, шерсть и т. д. Смотря по тому, какія изъ веществъ мы будемъ тереть другъ о друга, мы будемъ получать большія или меньшія притяженія. Это является первымъ отличіемъ электричества отъ магнетизма, дѣйствіе котораго проявляется въ такой мѣрѣ лишь въ одномъ желѣзѣ. Далѣе мы не замѣчаемъ, чтобы эта

сила отдавала какое либо предпочтеніе какому-нибудь одному изъ притягиваемыхъ веществъ: натертая стеклянная палочка не притягиваетъ лишь стекло (въ весьма измельченномъ видѣ. въ формѣ стеклянной пыли), между тѣмъ какъ обладающее магнитными свойствами желѣзо притягиваетъ лишь одно желѣзо. Это второй пунктъ различія. Мы видѣли, что желѣзо могло пріобрѣсти магнитныя свойства при треніи лишь о такое желѣзо, которое уже до того было магнитнымъ: въ случаѣ же электричества, два тѣла, изъ которыхъ ни одно не было наэлектризовано, наэлектризовываются благодаря одному тренію. Но зато наэлектризованныя тѣла теряютъ свои свойства, по большей части, спустя нѣсколько минутъ послѣ того, какъ ихъ пріобрѣли, и потому въ нихъ приходится вновь возбуждать эти свойства треніемъ; магнитное же состояніе желѣза въ нѣкоторыхъ случаяхъ производитъ впечатлѣніе свойства неизмѣннаго.

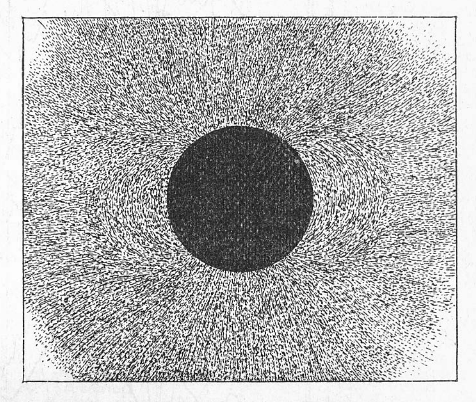
Величину получающейся такимъ путемъ электрической силы мы измѣряемъ на крутильныхъ вѣсахъ; такъ называется приборъ, состоящій изъ небольшого металлическаго шарика, соединеннаго стерженькомъ съ своимъ противовѣсомъ и подвѣшеннаго на нити. Если помѣстить вблизи отъ него, скажемъ, стеклянную палочку, возбужденную по указанному выше способу, то отклоненіе стержня опредѣлитъ величину ея электрической силы (см. чертежъ на стр. 301). За единицу мы принимаемъ такъ называемую абсолютную единицу силы, дину, то есть силу, которая сообщаетъ массѣ граммъ ускореніе 1 сантим. въ секунду.



Силовыя линіи вокругъ круглаго магнита. См. текстъ, стр 296.

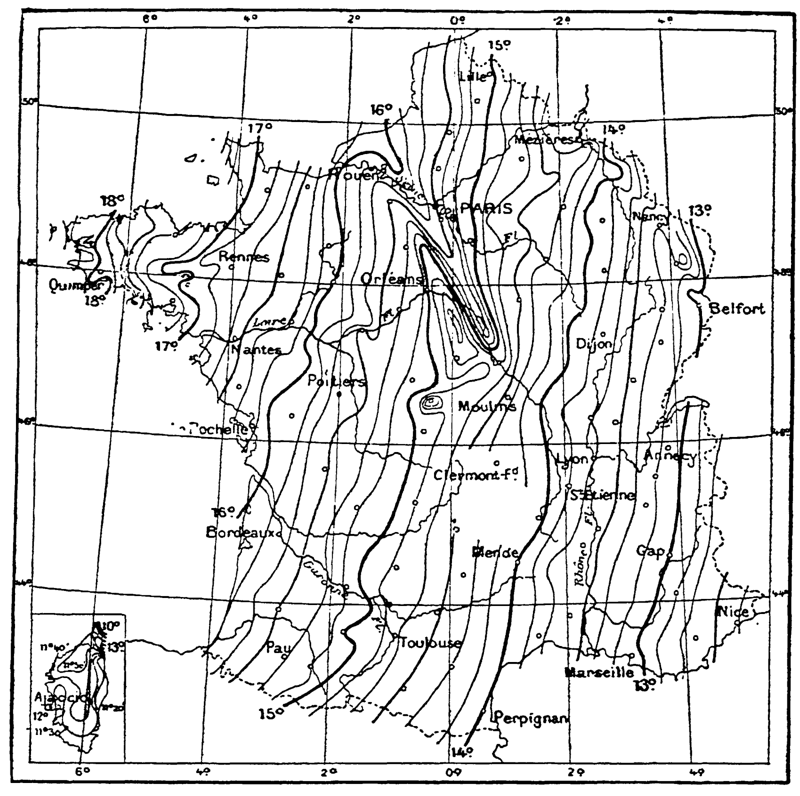
Само собой разумѣется, что и въ данномъ случаѣ дѣйствіе электрической силы должно быть равно противодѣйствію; мы можемъ подвѣсить натертую стеклянную палочку и придвинуть къ ней металлическій шарикъ; тогда стеклянная палочка повернется на тотъ же самый уголъ, то есть какъ бы будетъ притянута металломъ. Далѣе, наиболѣе существенное отличіе нашего наэлектризованнаго тѣла отъ магнита состоитъ въ томъ, что у него нѣтъ полюсовъ. Оно наэлектризовано лишь въ той части, которая была непосредственно натерта, притомъ по всей этой части равномѣрно. Но если мы натремъ магнитомъ хотя бы одну сторону куска желѣза, то магнитное состояніе противоположнаго рода появится и на другой его сторонѣ: въ средней же части желѣзо остается безразличнымъ, какъ бы ни увеличивать его намагничиваніе.

Тѣмъ не менѣе въ наэлектризованныхъ тѣлахъ мы открываемъ вскорѣ новое свойство, которое имѣетъ несомнѣнное сродство съ извѣстной намъ магнитной полярностью. Если мы одинаковымъ пріемомъ возбудимъ двѣ стеклянныхъ палочки, одну помѣстимъ въ крутильные вѣсы, а другую поднесемъ къ ней въ рукѣ, то первая палочка отъ второй оттолкнется. Но не на всѣхъ электризованныхъ тѣлахъ такого рода отталкиваніе приходится наблюдать. Если мы натремъ сюргучную палочку шерстью, то она будетъ притягивать наэлектризованную стеклянную палочку, какъ любое ненаэлектризованное тѣло, но наэлектризованную сюргучную палочку она оттолкнетъ, подобно тому какъ отталкиваютъ другъ друга двѣ наэлектризованныхъ стеклянныхъ палочки. Подобно тому какъ сѣверный и южный магнетизмъ можно понимать какъ двѣ отдѣльныхъ жидкости, такъ допускаютъ существованіе двухъ различныхъ электрическихъ жидкостей, электричества положительнаго и электричества отрицательнаго; разумѣется, со времени реформы, внесенной въ физическія представленія принятіемъ атомистическаго ученія, это различеніе уже не имѣетъ никакого реальнаго значенія. Но этотъ способъ выраженія такъ укоренился и настолько удобенъ при описаніи явленій, что до сихъ поръ не могли рѣшиться замѣнить его другимъ, болѣе соотвѣтствующимъ



Силовыя линіи вокругъ круглаго магнита. См. текстъ, стр 296.

нашимъ современнымъ воззрѣніямъ. Такъ что если мы пользуемся и далѣе этими названіями электричества, то все-таки мы не должны ни на минуту забывать, что мы смотримъ на эти термины только какъ на упрощенный способъ выраженія: такъ, мы говоримъ, что солнце восходитъ на востокѣ и заходитъ на западѣ, хотя мы отлично знаемъ, что оно стоитъ на мѣстѣ, а движемся мы и притомъ въ обратномъ направленіи. Положительнымъ мы называемъ электричество, получающееся на натираемомъ стеклѣ, отрицательнымъ — электричество натертаго сургуча. Въ зависимости отъ способности тѣлъ притягивать или отталкивать другъ друга, ихъ

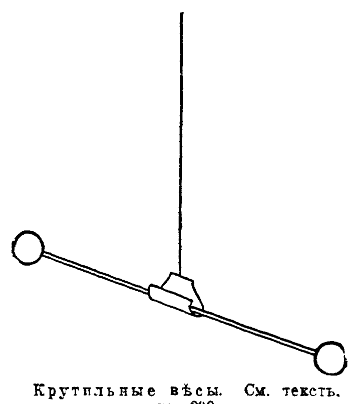


Изогоны во Франціи. По Маскару. См. текстъ, стр. 296.

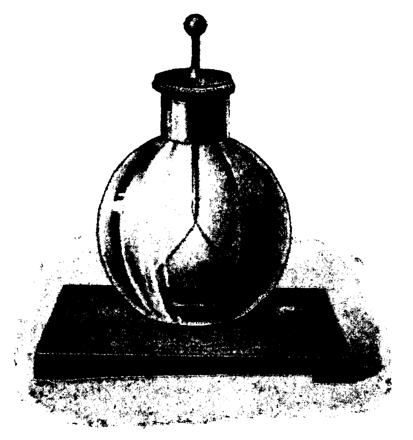
можно расположить въ рядъ, носящій названіе **ряда послѣдовательныхъ электростатическихъ напряженій.** Вотъ примѣръ такого ряда: стекло, шерсть, шелкъ, дерево, металлъ, янтарь, эбонитъ, сѣра, шеллакъ, сургучъ. Рядъ начинается тѣломъ, въ которомъ наиболѣе сильно проявляются свойства положительнаго электричества и оканчивается веществомъ, которое дѣйствуетъ сильнѣе другихъ отрицательно. При раздѣленіи этихъ обоего рода электричествъ дѣйствіе, какъ и всегда, равно противодѣйствію. При треніи стекла и шелка другъ о друга, наэлектризовываются оба тѣла: стекло положительно, шелкъ отрицательно. Но если мы натремъ шелкомъ эбонитовую палочку, то она наэлектризуется положительно, потому что эбонитъ въ установленномъ нами ряду ближе къ отрицательному его концу. Мы въ данномъ случаѣ имѣемъ дѣло съ явленіемъ одного порядка съ явленіями парамагнетизма и діамагнетизма. Электричества положительное и отрицательное не неизмѣнно связаны съ тѣмъ или другимъ веществомъ, это — явленія, опредѣляемыя только извѣстнымъ соотношеніемъ.

Въ нашемъ ряду имѣется и металлъ. Его мѣсто въ ряду показываетъ намъ, что какая-нибудь латунная палочка, натертая шерстью, должна оказаться наэлектризованной отрицательно. На самомъ дѣлѣ при обычныхъ условіяхъ этого не

получается. Сколько бъ мы ни терли различные металлы какими угодно веществами, ни въ одномъ изъ нихъ электрическихъ явленій не обнаруживается. Въ этомъ смыслѣ наиболѣе ярко выступаетъ различіе между электричествомъ и магнитизмомъ желѣза. Тутъ мы наталкиваемся на очень интересное соотношеніе между металлами или, общѣе говоря, между веществами, которыя не поддаются при обыкновенныхъ условіяхъ электризаціи, и другого рода веществами; факты, здѣсь наблюдаемые, особенно говорили въ пользу взгляда на электричество, какъ на жидкость. Если насадить металлическій шаръ на стеклянный стержень, благодаря чему онъ будетъ сообщаться съ землей только черезъ посредство этого стекла, и затѣмъ начнемъ ударять по нему лисьимъ хвостомъ, не прикасаясь, однако, къ нему пальцами, то онъ наэлектризуется и притомъ отрицательно. Но эта электризація въ шарѣ тотчасъ же исчезнетъ, какъ только мы прикоснемся къ нему пальцемъ или соединимъ его съ землей металлической проволокой. Но металлическій шаръ не теряетъ своихъ электрическихъ свойствъ, если къ нему прикоснуться такимъ тѣломъ, которое подъ вліяніемъ тренія тотчасъ бы наэлектризовалось; такимъ тѣломъ будетъ, напримѣръ, стекло, какъ это видно уже изъ самаго расположенія нашего опыта. Стеклянный же шаръ при такомъ прикосновеніи или соединеніи съ землей своего электричества не теряетъ, а если и теряетъ то только въ томъ мѣстѣ, до котораго коснулись. Объясняютъ это неодинаковой электрической проводимостью различныхъ веществъ. Итакъ, мы предполагаемъ, что треніе наэлектризовываетъ всѣ тѣла въ сущности одинаково, но только въ стеклѣ, шелку, янтарѣ, сюргучѣ и т. д. электрическая жидкость вынуждена оставаться и именно въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ она была возбуждена. Наоборотъ, металлы обладаютъ способностью распространять свое электричество тотчасъ же по всей поверхности. При обычныхъ условіяхъ, электричество съ металлическаго предмета тотчасъ же переходитъ въ держащую его руку, а оттуда въ землю, такъ какъ и рука и земля по отношенію къ электричеству являются проводниками. Вотъ почему мы не можемъ замѣтить его дѣйствія. Металлы являются **проводниками электричества**, другія вещества—такъ называемыми **изоляторами**. На изоляторѣ возбужденное электричество удержится непремѣнно; что же касается до проводниковъ, то электричество сохранится на нихъ лишь въ томъ случаѣ, если они отдѣлены отъ земли, всегда поглощающей электричество, какимъ-либо непроводникомъ, изоляторомъ. Если эта предосторожность принята, то въ отношеніи къ электризаціи металлы ничѣмъ не будутъ отличаться отъ другихъ веществъ. Въ нихъ можно возбуждать электричество того и другого рода, можно переносить на нихъ электричество, къ нимъ прикасаясь, и въ этомъ случаѣ говорятъ, что мы **заряжаемъ** ихъ электричествомъ.

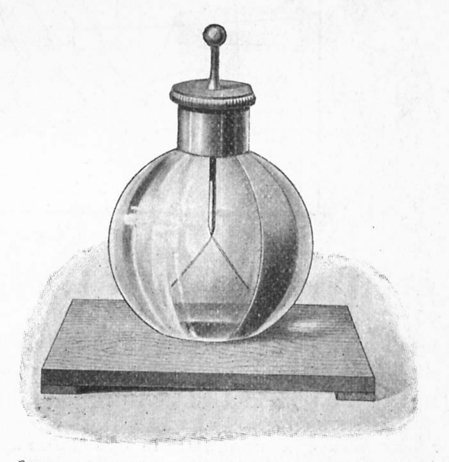


Крутильные вѣсы. См. текстъ, стр. 299.



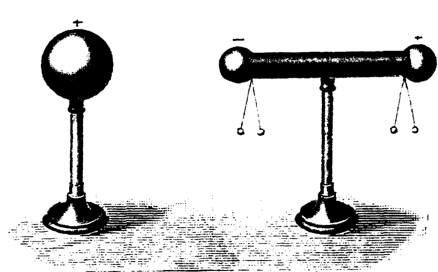
Электроскопъ съ золотыми листочками. См. текстъ ниже.

Два одинаково заряженныхъ куска металла отталкиваются; на основаніи этого при помощи электроскопа, такъ называемаго **электроскопа съ золотыми листочками** можно обнаружить присутствіе очень малыхъ количествъ электричества (см. рисунокъ выше). Въ поломъ стеклянномъ шарѣ подвѣшиваютъ



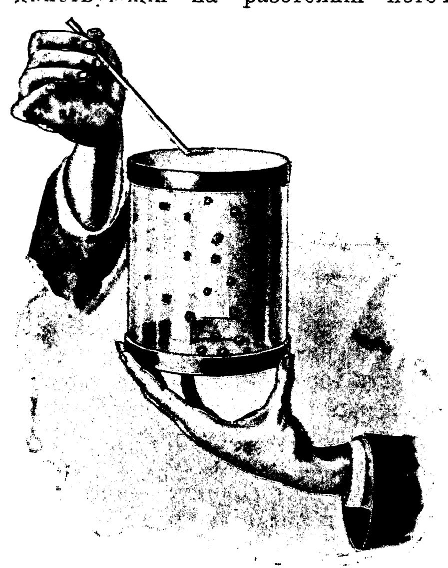
Электроскопъ съ золотыми листочками. См. текстъ ниже.

двѣ изолированныхъ полоски листового золота, которыя находятся въ металлическомъ соединенiи съ металлическимъ шарикомъ, высовывающимся изъ стеклянаго сосуда. Если къ этому шарику прикоснуться наэлектризованнымъ тѣломъ, то оба золотыхъ листка зарядятся одноименнымъ электричествомъ и оттолкнутся, они будутъ образовывать другъ съ другомъ нѣкоторый уголъ и начнутъ медленно спадаться лишь спустя нѣсколько времени. По величинѣ этого угла мы судимъ о количествѣ сообщеннаго шарику электричества.



Электризацiя черезъ влiянiе. См. текстъ на этой стр.

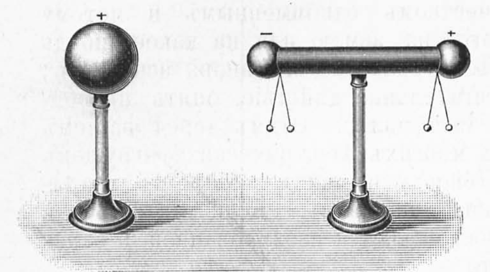
Пусть какой-нибудь изолированный металлическiй шаръ, такъ называемый кондукторъ, будетъ заряженъ электричествомъ. Будемъ приближать къ нему другой продолговатый проводникъ, который также изолированъ (см. рисунокъ пом. рядомъ): мы замѣтимъ, что это тѣло, не прикоснувшись къ наэлектризованному тѣлу, тѣмъ не менѣе наэлектризовалось, какъ это показываютъ оттолкнувшiеся другъ отъ друга шарики на обоихъ его концахъ. Но свойства кондуктора въ томъ и другомъ концѣ его неодинаковы. Если помѣщенный вблизи его шаръ былъ заряженъ положительно, то тотъ конецъ кондуктора, который къ нему ближе, оказывается заряженнымъ отрицательно; положительно же будетъ заряженъ конецъ противоположный; онъ будетъ носителемъ электричества того же знака, что и дѣйствующiй на разстоянiи источникъ электричества. Стоитъ этотъ источникъ удалить, и электрическiя свойства кондуктора исчезнутъ. Стало быть, это тѣ самыя свойства, съ которыми мы познакомились при намагничиванiи черезъ влiянiе; мы назовемъ поэтому описанное явленiе **электризацiей черезъ влiянiе**. Такимъ образомъ, тѣло, наэлектризованное черезъ влiянiе, въ отличiе отъ тѣла, прямо наэлектризованнаго, на которомъ находится электричество только одного рода, во всѣхъ наиболѣе важныхъ отношенiяхъ напоминаетъ собой магнитъ; который дѣйствуетъ не только на желѣзо, но и на всѣ другiя тѣла; разумѣется, стоитъ дотронуться до такого наэлектризованнаго черезъ влiянiе тѣла, и эти свойства его исчезнутъ. Дальнѣйшей чертой сходства является тождественность законовъ дѣйствiй **электричества и магнетизма: въ обоихъ случаяхъ дѣйствiя обратно пропорцiональны квадратамъ разстоянiй**; это показалъ **Кулонъ**.



Отталкиванiе и притяженiе бузинныхъ шариковъ при электризацiи. См. текстъ, стр. 303.

Раньше объясняли электризацiю черезъ влiянiе тѣмъ, что внутри каждаго тѣла соединены и потому находятся въ недѣятельномъ состоянiи оба рода электричества. Но такъ какъ разноименныя электричества притягиваются, то думали, что ихъ раздѣляетъ дальнодѣйствiе заряженнаго тѣла на кондукторъ, и они располагаются въ видѣ двухъ полюсовъ. Отсюда уже недалеко до замѣны этихъ представленiй нашими представленiями о магнитныхъ вихряхъ; но прежде чѣмъ пытаться возсоздать на почвѣ атомистическихъ воззрѣнiй ясную картину того, что въ сущности здѣсь происходитъ, займемся собиранiемъ дальнѣйшихъ фактовъ, относящихся до проявленiй этой чудесной силы.

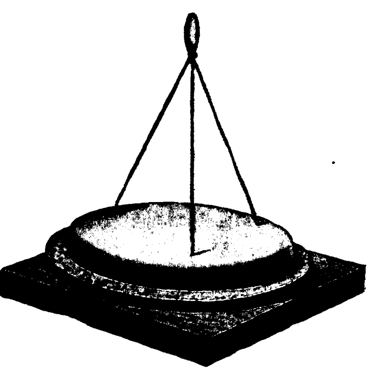
Раздѣленiе электричествъ въ проводникѣ, вызванное черезъ влiянiе, увели-



Электризація черезъ вліяніе. См. текстъ на этой стр.

Отталкиваніе и притяженіе бузинныхъ шариковъ при электризаціи. См. текстъ, стр. 303.

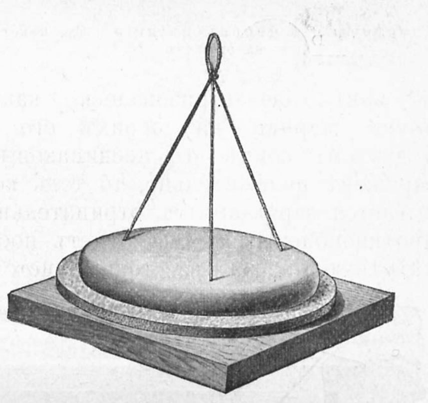
чиваетъ притяженіе между нимъ и источникомъ электричества. Если условія опыта позволяютъ, проводникъ начинаетъ приближаться къ этому источнику со скоростью все возрастающей. Но какъ только нашъ проводникъ достигнетъ тѣла, заряженнаго электричествомъ того или другого рода, такъ тотчасъ же на него, въ силу его проводимости, начнетъ переходить это электричество другого тѣла: проводникъ будетъ заряженъ электричествомъ одноименнымъ и потому оттолкнется. Если же онъ упадетъ, кромѣ того, на землю или на какое-нибудь проводящее тѣло, соединенное съ землей, то электричество его вновь исчезнетъ; опять изолированное тѣло проявитъ свое притягательное дѣйствіе, опять проводникъ прикоснувшись къ нему оттолкнется и такъ далѣе. Этимъ чередованіемъ дѣйствій пользуются при устройствѣ одной изъ многихъ электрическихъ игрушекъ слѣдующаго рода. Въ стекляномъ цилиндрѣ, сверху и снизу закрытомъ металлическими крышками, находится нѣсколько легкихъ шариковъ. Если взять сосудъ за нижнюю крышку рукой, благодаря чему верхняя окажется изолированной, и зарядить эту верхнюю крышку электричествомъ, то шарики начнутъ быстро подскакивать отъ одной крышки къ другой; этотъ танецъ будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока они не перенесутъ всего электричества на нижнюю крышку, откуда оно и уйдетъ въ землю (см. рисунокъ на стр. 302).



Электрофоръ. См. текстъ ниже.

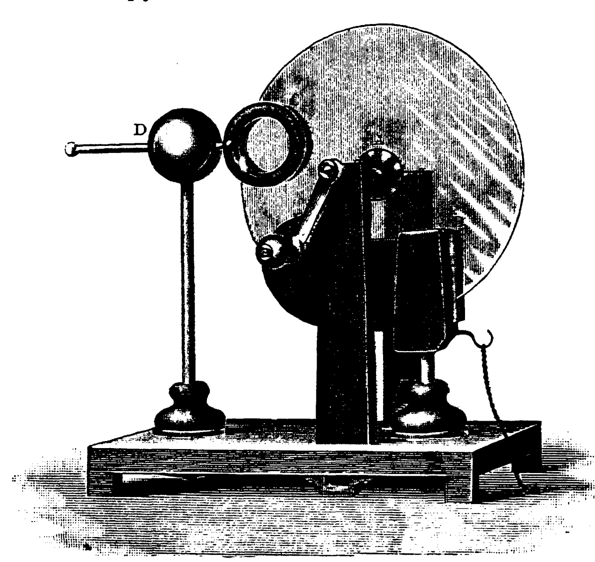
Понятія электрической проводимости или изоляціи—понятія относительныя. Существуютъ только одни проводники, проводящіе лучше или хуже. Изъ того факта, что всякое электрическое состояніе мало-по-малу утрачивается, мы прямо должны заключить, что воздухъ обладаетъ хотя и весьма значительной, но далеко не абсолютной способностью изоляціи. Воздухъ — дурной проводникъ. Если бъ онъ не былъ дурнымъ проводникомъ, мы не видали бы никогда ни одного электрическаго явленія, потому что воздухъ въ этомъ случаѣ переносилъ бы все отдѣляющееся электричество въ огромный резервуаръ, въ землю. Медленно этотъ процессъ совершается и въ дѣйствительности: мы видимъ, что листочки электроскопа и безъ прикосновенія къ нимъ мало-по-малу все-таки спадаются. Одно и то же тѣло можетъ оказаться въ зависимости отъ разныхъ условій неодинаково изолирующимъ или неодинаково проводящимъ. Такъ, напримѣръ, нагрѣтый воздухъ является хорошимъ проводникомъ. Достаточно провести заряженный электроскопъ сквозь пламя, и онъ тотчасъ же разрядится. Разрѣженный воздухъ до извѣстной степени разрѣженія можетъ считаться проводникомъ, но безвоздушное пространство будетъ уже изоляторомъ. Обыкновенная вода представляетъ изъ себя хорошій проводникъ, но стоитъ тщательно очистить ее отъ всѣхъ постороннихъ примѣсей, и она начнетъ проводить электричество плохо. Тутъ переплетаются уже такія явленія, для объясненія которыхъ мы пока не находимъ путеводной нити.

Опытъ, которымъ мы теперь располагаемъ, позволяетъ намъ строить приборы, при помощи которыхъ получаются гораздо большія количества электричества, чѣмъ при простомъ натираніи рукой. Однимъ изъ самыхъ старыхъ электрическихъ приборовъ этого рода является такъ называемый **электрофоръ** или **электрическое блюдо** (см. рисунокъ выше). Электрофоръ дѣлается изъ смолистой массы, которую выливаютъ въ металлическую форму, гдѣ она принимаетъ видъ плоской лепешки. Затѣмъ поверхъ этой массы кладутъ металлическій щитъ или металлическую покрышку, которая не прикасается къ самой формѣ, или оправѣ, и которую можно приподымать вверхъ за прикрѣпленныя къ ней шелковыя нити. Ударяя смоляную массу лисьимъ хвостомъ, мы заряжаемъ ее отрицательно. При этомъ оправа наэлектризовывается черезъ вліяніе положительно, отрицательное же электричество ея уходитъ въ землю. Но разноименныя количества электриче-



Электрофоръ. См. текстъ ниже.

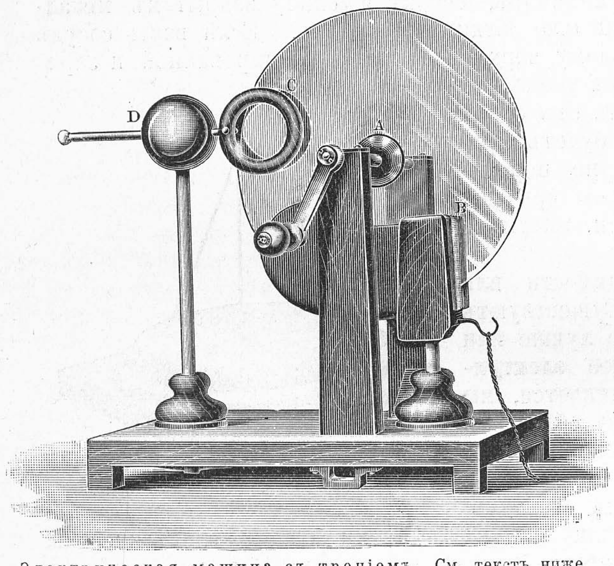
ства, находящагося на смолѣ и оправѣ другъ друга связываютъ и потому при прикосновеніи къ смолистой массѣ проводникомъ можно освободить сравнительно очень небольшое количество электричества: вотъ почему только самая ничтожная часть заряда уходитъ въ воздухъ, вотъ почему электрофоръ такъ долго сохраняетъ свой зарядъ. Положимъ теперь на смоляную массу щитъ; на него перейдетъ немного электричества, потому что между ними какъ между двумя не особенно тщательно пришлифованными поверхностями особенно большого числа настоящихъ точекъ соприкосновенія не будетъ. Но зато щитъ электризуется черезъ вліяніе. Прикасаясь пальцемъ къ щиту, когда онъ еще лежитъ на смолѣ, мы уводимъ скопившееся на немъ отрицательное электричество, и, если теперь приподнять его за изолирующія его нити, то окажется, что онъ заряженъ положительно. Зарядъ этотъ мы можемъ передать другому проводнику и снова повторить тотъ же процессъ. Но такъ какъ щитъ заряжается электричествомъ не черезъ проведеніе къ нему зарядовъ, и такъ какъ смоляной пластъ отдаетъ воздуху лишь ничтожную долю своего электричества, то зарядъ электрофора въ теченіи продолжительнаго времени не испытываетъ почти никакихъ измѣненій.



Электрическая машина съ треніемъ. См. текстъ ниже.

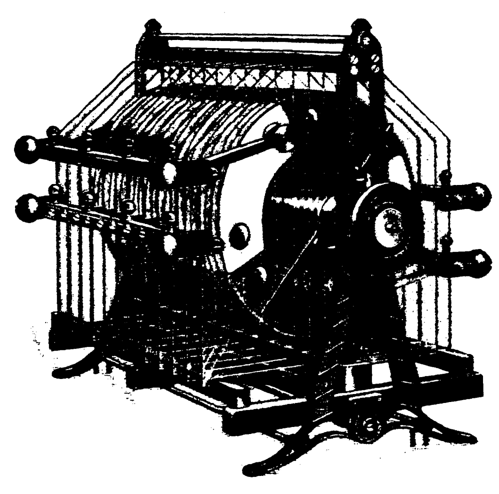
Для того чтобы вмѣсто потеряннаго или на что-нибудь израсходованнаго электричества получать непрерывно новыя количества его, необходимо устроить такъ, чтобы треніе продолжалось не переставая; на практикѣ достигается это при помощи стекляннаго круга, который вращается вокругъ оси и трется о кожаныя подушки. Такъ устроена машина съ треніемъ (см. рисунокъ выше). Зарядъ, получающійся на кругѣ A, перетекаетъ на сторонѣ, противоположной подушкѣ B, на острія гребня C, почти прикасающагося къ кругу, а отсюда электричество переходитъ уже въ изолированный кондукторъ D. По тѣмъ же соображеніямъ, что и въ электрофорѣ, и въ этомъ приборѣ подушки должны быть соединены съ землей. Нѣсколько сложнѣе дѣйствіе машины электрофорной; въ этой машинѣ пользуются съ самаго начала небольшимъ количествомъ электричества, уже имѣющимся заранѣе, для дѣйствія черезъ вліяніе; часть получающагося электричества передается кондуктору, другая же часть идетъ на сообщеніе машинѣ еще большаго заряда. Такимъ образомъ съ каждымъ оборотомъ колеса дѣйствіе машины все умножается и можетъ достигнуть весьма значительной силы. Обыкновенно для перваго заряженія машины вполнѣ достаточно того количества электричества, которое почти всегда находится въ воздухѣ. Интересно то, что въ этой машинѣ треніемъ совершенно не пользуются; стеклянные круги совершаютъ свои обращенія на извѣстномъ разстояніи другъ отъ друга. Но тѣмъ не менѣе, по мѣрѣ того какъ все болѣе и болѣе возбуждаемая машина начинаетъ давать все большія и большія количества электричества, вращающійся кругъ начинаетъ испытывать большое сопротивленіе, какъ будто онъ и въ самомъ дѣлѣ обо что-нибудь терся. Сопротивленіе это объясняется взаимнымъ притяженіемъ электричествъ получающихся на обоихъ кругахъ. На стр. 305 помѣщенъ рисунокъ подобнаго рода машины, въ которой одновременно дѣйствуетъ цѣлая баттарея вращающихся круговъ.

Имѣя въ своемъ распоряженіи такого рода средства, мы можемъ накопить

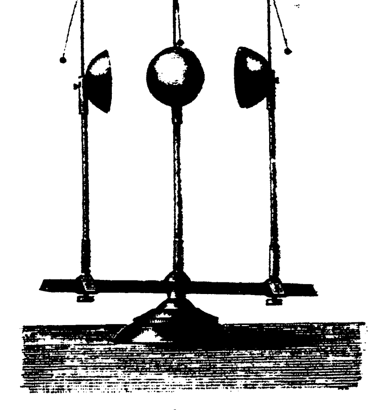


Электрическая машина съ тренiемъ. См. текстъ ниже.

сравнительно очень большое количество статическаго электричества и болѣе обстоятельно изучить его дѣйствія. Подушку машины или, вообще говоря, источникъ электричества, обратнаго по знаку получающемуся въ первомъ кондукторѣ, мы соединяемъ со вторымъ кондукторомъ, и такимъ образомъ въ машинѣ будутъ получаться заразъ оба рода электричества.

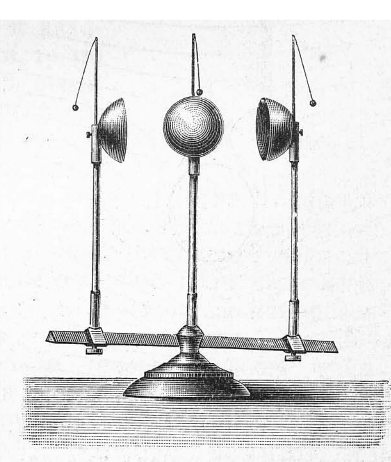

Электрофорная машина. См текстъ, стр. 304.

Если мы изслѣдуемъ одинъ изъ такихъ сильно заряженныхъ проводниковъ, то окажется, что сильный зарядъ имѣется лишь на его поверхности; мало того, мы найдемъ, что электричество вовсе не равномѣрно уменьшается по мѣрѣ перехода къ центру шара, имѣющаго во всѣхъ своихъ частяхъ одинаковую плотность; такое равномѣрное ослабѣванiе силы мы наблюдали при изученiи силы притяженія, производимаго нашей землей, тутъ же мы приходимъ къ выводу, что электризація дѣйствительно ограничивается однимъ поверхностнымъ слоемъ. Это показано на рисункѣ, пом. ниже Шаръ, помѣщающійся посрединѣ, былъ въ моментъ заряженія съ обѣихъ сторонъ закрытъ разнимающимися полушаріями. Когда же мы разняли полушарія, то оказалось, что электричество имѣется только на нихъ, шаръ же не наэлектризованъ. Поэтому совершенно безполезно изготовлять сплошные проводники: полый шаръ по отношенію къ приводимому къ нему электричеству обладаетъ совершенно такой же емкостью, какъ и сплошной шаръ равнаго ему объема. Это объясняется извѣстнымъ намъ уже фактомъ отталкиванія одноименныхъ электричествъ. Въ заряженномъ проводникѣ имѣется электричество лишь одного знака; предположимъ теперь, что онъ наполненъ мельчайшими подвижными частицами извѣстной электрической жидкости; очевидно, что при данныхъ условіяхъ онѣ будутъ стремиться оттолкнуться другъ отъ друга какъ можно дальше. Наибольшая изъ имѣющихся въ проводникѣ шаровыхъ поверхностей, его внѣшняя поверхность указываетъ въ то же время и наибольшія разстоянія, на которыя эти частицы могутъ другъ отъ друга удалиться. Такимъ образомъ онѣ стремятся изнутри наружу до тѣхъ поръ, пока не наталкиваются на непроводящій воздухъ, который дѣлаетъ дальнѣйшее распространеніе невозможнымъ.


Распространеніе электричества по поверхности. См. текстъ выше.

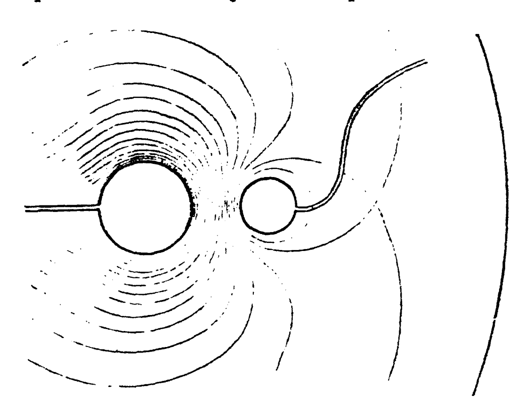
Изъ того, что мы только что сказали, прямо слѣдуетъ, что электричество на поверхности проводника находится въ состояніи напряженія; что это такъ, видно изъ того, что мельчайшія частицы, отталкивающіяся другъ отъ друга, стремятся выйти за предѣлы этой поверхности, и что удерживаетъ ихъ на ней лишь воздухъ. Мы можемъ нѣсколько выяснить себѣ картину явленій, здѣсь происходящихъ, слѣдующимъ образомъ; мы можемъ представить себѣ, что на поверхности проводника рядомъ другъ съ другомъ помѣщенъ цѣлый рядъ очень-малыхъ, спиральныхъ пружинъ, которыя теперь мѣшаютъ другъ другу развернуться; онѣ могли бы развернуться, но въ томъ лишь случаѣ, если бы мы размѣстили

Электрофорная машина. См. текстъ, стр. 304.



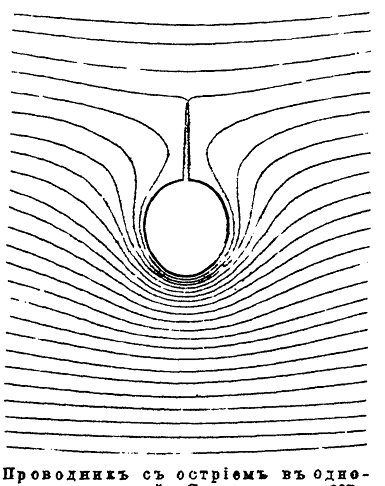
Распространеніе электричества по поверхности. См. текстъ выше.

нихъ точно такимъ же образомъ, но на большой шаровой поверхности. Такое перенесеніе съ одной поверхности на другую можетъ происходить лишь внутри проводника; воздухъ же представляетъ собой такое препятствіе, которое можетъ быть побѣждено лишь очень нескоро. Такимъ образомъ, вся шаровая поверхность дѣйствуетъ, какъ одна нажатая пружина, и въ этомъ натяженіи частицы самой металлической поверхности принимаютъ лишь самое незначительное участіе: вызывается оно, главнымъ образомъ, тѣми частицами эфира, которыя находятся въ промежуткахъ между частицами металла. Электрическія дѣйствія, вызванныя этимъ натяженіемъ, распространяются отсюда во всѣ стороны за предѣлы проводника до тѣхъ мѣстъ, куда только можетъ проникнуть этотъ эфиръ. Отсюда мы видимъ, что размѣры возникающаго при этомъ кажущагося дальнодѣйствія зависятъ отъ особенностей молекулярнаго строенія промежуточной среды; ея различной проницаемостью опредѣляется взаимодѣйствіе проводниковъ и изоляторовъ въ томъ или другомъ случаѣ. Этимъ интереснымъ соотношеніямъ мы еще посвятимъ особое вниманіе.



Линіи равнаго потенціала. См. текстъ, стр. 307.

Спиральныя пружины, которыми мы пользовались при объясненіи электростатическаго натяженія, наводятъ насъ на мысль, что для настоящаго объясненія электрическихъ явленій надо прибѣгнуть къ этимъ эфирнымъ вихрямъ, съ помощью которыхъ намъ удалось объяснить, кромѣ магнетизма, еще много другихъ явленій природы. Но мы не станемъ долѣе останавливаться на этомъ вопросѣ, и объясненіе отталкиванія одноименныхъ электричествъ оставимъ пока безъ отвѣта. Но если допустить, что намѣченное нами толкованіе этихъ явленій правильно, то всѣ явленія статическаго электричества могутъ быть выведены на основаніи получающихся при этомъ напряженій чисто математическимъ путемъ.

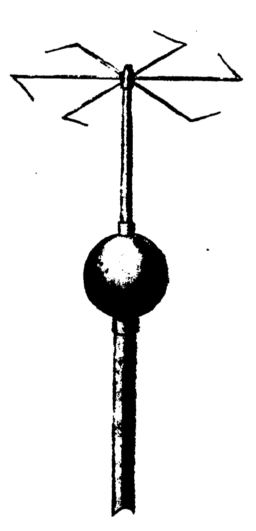


Проводникъ съ остріемъ въ однородномъ полѣ. См. текстъ, стр. 307.

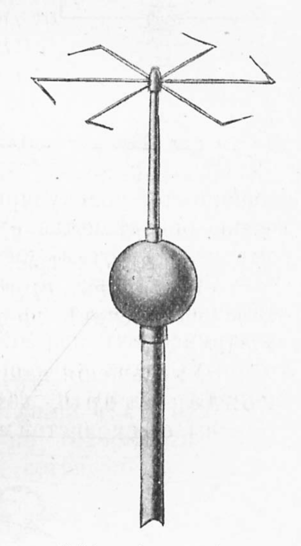
Физики, какъ и большинство другихъ ученыхъ, въ виду все болѣе и болѣе выступающаго несомнѣнно международнаго характера науки, стараются употреблять термины по возможности всѣмъ понятные; по нашему мнѣнію, нѣмецкіе ученые заходятъ въ этомъ стремленіи, можетъ быть даже далеко, вводя, напримѣръ, вмѣсто вполнѣ понятнаго намъ слова напряженіе, для выраженія этого же понятія въ теоретической физикѣ, иностранное слово потенціалъ. Въ дальнѣйшемъ изложеніи, и мы не будемъ въ состояніи обойтись безъ этого выраженія. Итакъ, займемся теперь электрическимъ потенціаломъ.

О поверхностяхъ равнаго потенціала мы можемъ говорить съ такимъ же правомъ, какъ раньше говорили о силовыхъ линіяхъ: между тѣми и другими существуетъ вполнѣ опредѣленное соотношеніе. Силы, дѣйствующія въ эфирѣ, мы можемъ представить себѣ въ видѣ напряженій. Наибольшему напряженію въ эфирѣ соотвѣтствуетъ и наибольшая вызвавшая его сила. Если мы будемъ перемѣщаться по направленію силовой линіи, то образующая сила все время будетъ или увеличиваться или уменьшаться. Поэтому то тѣла по силовымъ линіямъ и движутся. Поверхность равнаго потенціала мы получимъ, соединивъ всѣ тѣ точки смежныхъ

силовыхъ линій, въ которыхъ сила имѣетъ одну и ту же величину: это, стало быть, поверхности равнаго напряженія, и изъ самаго опредѣленія ихъ вытекаетъ, что онѣ въ каждой точкѣ своей пересѣкаютъ силовыя линіи подъ прямыми углами. Если выразить силу и убыль ея въ опредѣленныхъ одинаковыхъ единицахъ и если вычертить черезъ каждую единицу или сразу черезъ нѣсколько единицъ — соотвѣтствующія тому или другому числу единицъ силы поверхности равнаго потенціала, то въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ сила будетъ имѣть наибольшую величину, поверхности эти наиболѣе приблизятся другъ къ другу. Говорятъ, что здѣсь въ этихъ точкахъ имѣется сильное паденіе потенціала. Такъ, напримѣръ, линіи одинаковаго барометрическаго уровня, которыя имѣются на извѣстныхъ картахъ, служащихъ для предсказанія погоды, то есть изобары, представляютъ изъ себя части равнопотенціальныхъ поверхностей. Тамъ, гдѣ находится минимумъ давленій, гдѣ поверхности сильнѣе прижимаются другъ къ другу, гдѣ наибольшее паденіе потенціала, тамъ, въ центрѣ вихря, вѣтеръ пріобрѣтаетъ и наибольшую силу. На стр. 306 у насъ вычерчено сѣченіе поверхностей равнаго потенціала, получающихся вокругъ электрическаго кондуктора, противъ котораго находится другой шаръ, отведенный къ землѣ. Мы видимъ, что линіи, получающіяся вокругъ кондуктора вдавлены дѣйствіемъ другого шара въ той части, которая расположена между этими обоими проводниками, и что меньшій шаръ имѣетъ лишь одну нераздѣльно ему принадлежащую линію, мы видимъ далѣе, что слѣдующая за этой линія пересѣкаетъ самое себя, и что на нѣкоторомъ разстояніи отсюда въ формѣ линій уже не наблюдается никакихъ измѣненій. Все то мѣсто, въ предѣлахъ котораго наблюдатель можетъ установить такого рода линіи, носитъ названіе электрическаго поля. Если въ какомъ-либо полѣ равнопотенціальныя поверхности, а въ силу этого и силовыя линіи, соотвѣтственно другъ другу параллельны, и находятся на одинаковыхъ разстояніяхъ другъ отъ друга, то это будетъ такъ называемое однородное поле. Тѣ общія механическія причины, которыми повсюду въ природѣ обусловливается стремленіе къ уравненію, дѣйствуютъ и тутъ, и электрическое поле, почему либо претерпѣвшее то или другое измѣненіе, стремится превратиться въ поле опять таки однородное. Поэтому, зная расположеніе равнопотенціальныхъ поверхностей, мы знаемъ уже все, что намъ необходимо знать, для того чтобы судить объ ожидаемомъ дѣйствіи силъ. Въ этомъ то и состоитъ практическая цѣнность этого нагляднаго вспомогательнаго пріема. Если, напримѣръ, ввести въ однородное поле проводящій шаръ съ остріемъ, то сѣченіе равнопотенціальныхъ поверхностей представится линіями, изображенными у насъ на стр. 306. Линіи, которыя прежде были другъ другу параллельны, теперь огибаютъ шаръ, заходятъ за него и подъ нимъ тѣснятся одна къ другой; остріе же не могло сколько-нибудь замѣтно отклонить ихъ отъ ихъ прежняго направленія. Потенціальныя линіи, какъ теперь мы будемъ ради краткости называть эти сѣченія поверхностей равнаго потенціала, растягиваются, какъ эластическія ленты. Стараясь принять свое прежнее положеніе, онѣ нажимаютъ на шаръ по направленію къ его острію вверхъ. Далѣе мы видимъ, что одна изъ линій, та, которая касается какъ разъ самого острія, исчезаетъ въ массѣ нашего тѣла, другими словами, она проходитъ по его поверхности. Это значитъ весь шаръ пріобрѣлъ потенціалъ этой линіи и въ зависимости отъ величины этого потенціала исчисляется и полученный шаромъ зарядъ. При помощи такого кондуктора съ остріемъ можно изслѣдовать распредѣленіе поверхностей равнаго потенціала въ томъ или другомъ электрическомъ полѣ экспериментально, и для этого опредѣленія натяженій мы имѣемъ въ своемъ распоряженіи особую единицу, вольтъ, опредѣленіе которой будетъ дано позже.

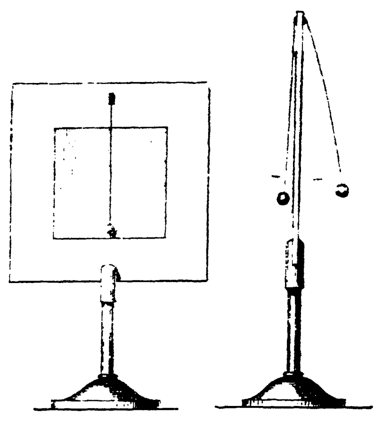


Дѣйствіе остріевъ. См. текстъ, стр. 308.

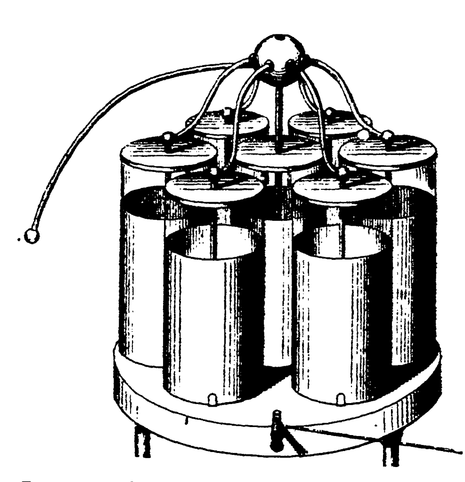


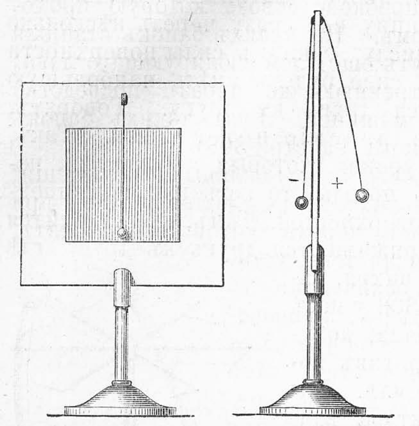
Дѣйствіе остріевъ.
См. текстъ, стр. 308.

Если мы желаемъ зарядить проводникъ электричествомъ возможно сильнѣе, то мы должны постараться, чтобы натяженіе на его поверхности по направленію наружу было какъ можно меньшимъ и равномѣрнымъ. Этого мы достигаемъ, придавая ему шарообразную форму, потому что поверхности равнаго потенціала распредѣляются вокругъ шара равно отстоящими слоями. Если же въ шарѣ имѣется остроконечный выступъ, то потенціальныя поверхности сбиваются вокругъ него въ кучу и имѣютъ такимъ образомъ распредѣленіе характера обратнаго тому, которое получается въ предыдущемъ случаѣ; стало быть, въ этомъ мѣстѣ электричество дѣйствуетъ наружу съ несравненно большей силой, чѣмъ въ другихъ частяхъ проводника, тутъ преодолѣваетъ оно сопротивленіе воздуха гораздо легче и, привлекая къ себѣ электричество остальныхъ частей шара, уходитъ въ окружающее его пространство. Благодаря такому дѣйствію электрическаго острія, часть окружающаго тѣло воздуха уносится отъ него прочь и получается совершенно отчетливо замѣтное теченіе воздуха, такъ называемый **электрическій вѣтеръ**. Если сдѣлать остріе на манеръ магнитной стрѣлки, такъ чтобы оно могло вращаться вокругъ своего центра тяжести и если загнуть оба его конца, какъ показано на рисункѣ на стр. 307, то въ силу отталкиванія отъ воздуха оно начнетъ вращаться.


Франклиновъ листъ. См. текстъ ниже.

Уменьшенія напряженія наружу можно достигнуть, примѣняя такъ называемые **конденсаторы**, которые, собственно говоря, намъ уже знакомы по комбинаціи оправы съ смолистой массой въ электрофорахъ. Конденсаторъ въ наиболѣе простой формѣ представляетъ собой такъ называемый **Франклиновъ листъ** (см. рисунокъ, помѣщ. выше). На обѣ стороны стекляной пластинки наклеено по листку станіоля, но такъ, чтобы оставалась незакрытой довольно широкая полоса стекла съ краю. Если зарядить станіоль на одной сторонѣ положительно, то внутренняя часть станіолевой обкладки на другой сторонѣ зарядится черезъ вліяніе **отрицательно**. Электричество обоихъ родовъ стремится въ этомъ случаѣ сквозь стекло взаимно притянуться; вслѣдствіе этого внѣшній потенціалъ проводника уменьшается, а его способность воспринимать электрическіе заряды, **емкость**, значительно возрастаетъ. При этомъ большая часть сообщаемаго нами электричества окажется, разумѣется, въ связанномъ состояніи и потому до поры до времени недѣятельной. Теперь поднесемъ къ той и другой сторонѣ Франклиновой пластинки небольшіе, подвѣшенные на нитяхъ шарики, которые будучи при этомъ наэлектризованы электричествомъ одного и того же знака, отъ пластинки оттолкнутся. Если мы прикоснемся пальцемъ къ одной сторонѣ, то шарикъ тотчасъ же упадетъ назадъ, но стоитъ отвести въ землю и вторую сторону и онъ снова оттолкнется. Когда мы своимъ прикосновеніемъ уводимъ въ землю электричество, то исчезаетъ только свободное электричество, а остающееся связанное электричество распредѣляется въ зависимости отъ заряда


Батарея Рисса, состав. изъ лейденскихъ банокъ. См. текстъ, стр. 309.



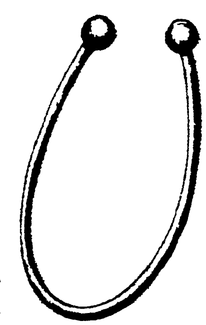
Франклиновъ листъ. См. текстъ ниже.

Батарея Рисса, состав. изъ лейденскихъ банокъ. См. текстъ, стр. 309.

противоположной обкладки. Если мы теперь ослабимъ прикосновеніемъ и этотъ зарядъ, то на другой сторонѣ опять освободится электричество.

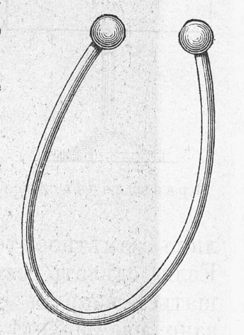
По большей части, въ видахъ удобства, конденсаторамъ придаютъ форму такъ называемой лейденской банки. Стеклянную банку покрываютъ изнутри и снаружи обкладками изъ станіоля и закрываютъ пробкой, сквозь которую проходитъ латунный стержень, оканчивающійся шарикомъ. На краяхъ банокъ станіоля нѣтъ; для большей предосторожности наносятъ тутъ еще слой изолирующаго лака; внѣшнюю обкладку соединяютъ съ землей, внутреннюю же черезъ посредство имѣющагося снаружи шарика съ электрической машиной. Рядъ такихъ банокъ можно соединить вмѣстѣ въ батарею (см. рисунокъ на стр. 308).

При помощи такихъ приборовъ можно получать очень сильныя напряженія: въ нѣкоторыхъ случаяхъ они доходятъ до нѣсколькихъ тысячъ вольтъ. Если при помощи разрядника (см. рисунокъ, пом. ниже), черезъ который проводятъ, чтобы миновать человѣческое тѣло, угрожающіе жизни токи, установить сообщеніе между внутренней и внѣшней обкладками, то происходитъ разрядъ, — появляется сильная искра, производящая одновременно съ появленіемъ быстрое сотрясеніе воздуха, сопровождающееся трескомъ. Подобно тому, какъ теплота получается при быстромъ сжатіи упругой полосы, пружины или разрѣженнаго воздуха, такъ она выдѣляется тутъ при этомъ уничтоженіи электрическихъ напряженій; она распредѣляется при этомъ по направленію наибольшаго паденія потенціала на сравнительно очень небольшомъ протяженіи, и потому дѣйствіе, производимое ею, весьма значительно. Воздухъ по пути прохожденія искры раскаляется; частички металла, изъ котораго исходитъ электричество, также раскаляются и въ этомъ состояніи отрываются отъ проводника. Такъ возникаетъ искра; что она обязана своимъ возникновеніемъ именно этимъ причинамъ, показываетъ ея спектръ, въ которомъ, кромѣ линій тѣхъ или другихъ металлическихъ паровъ и воздуха, другихъ линій не содержится. Результатомъ внезапнаго расширенія воздуха являются его сотрясеніе, а вмѣстѣ съ тѣмъ и сопровождающія это сотрясеніе звуковыя явленія.


Разрядникъ.
См. текстъ выше.

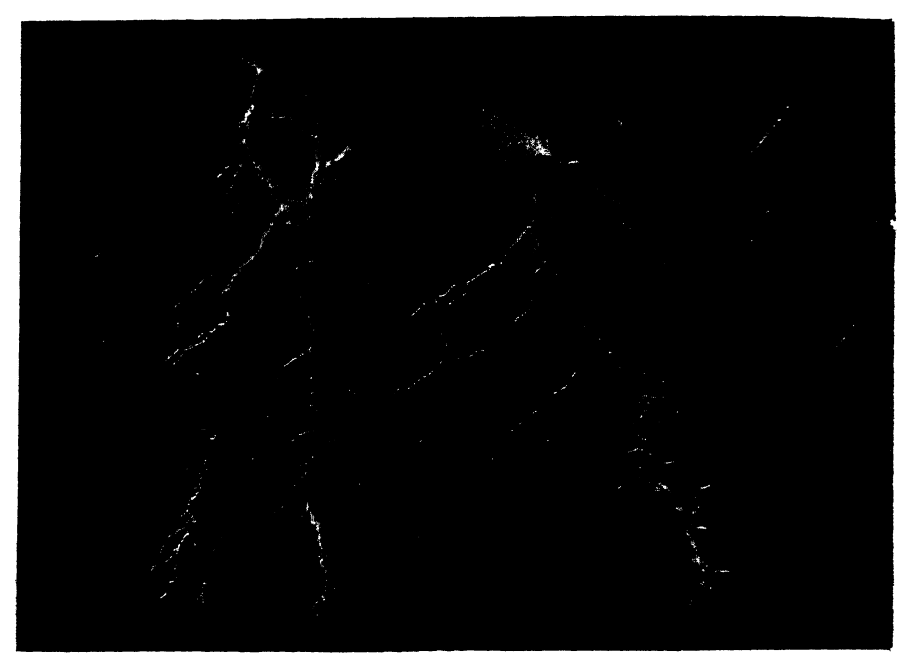
Молнія представляетъ собой въ сущности точно такую же электрическую искру но только огромныхъ размѣровъ (см. рисунокъ на стр. 310). Мы не будемъ останавливаться на томъ, какъ возникаютъ въ атмосферѣ тѣ напряженія, которыя необходимы для полученія молній; этого рода искры, проскакивающія между грозовыми облаками или между облакомъ и поверхностью земли, часто достигаютъ длины нѣсколькихъ миль; тѣ же искры, которыя получаются въ нашихъ приборахъ, рѣдко доходятъ до одного метра. Отсюда слѣдуетъ, что въ грозовыхъ облакахъ должны имѣть мѣсто огромныя напряженія, и часто разрядъ не можетъ протечь сразу: по одному и тому же пути, молніи слѣдуютъ одна за другой, и на фотографическомъ снимкѣ молніи можно различить цѣлый рядъ параллельныхъ свѣтлыхъ полосъ, часто имѣющихъ въ ширину 10—15 м., которыя проходятъ одна возлѣ другой (см. рисунокъ на стр. 311). Уже по большой продолжительности этихъ молній можно замѣтить, что здѣсь разрядъ протекаетъ не сразу; иногда такая молнія видна въ теченіи нѣсколькихъ долей секунды, такъ что продолжительность ея можно даже измѣрить, тогда какъ каждая отдѣльная молнія, какъ извѣстно, пробѣгаетъ свой путь такъ быстро, что колеса несущагося курьерскаго поѣзда, кажутся намъ неподвижными. Быстрота молніи вошла въ поговорку, и потому наше удивленіе понятно при видѣ молній, продолжающихся въ теченіи вполнѣ замѣтнаго измѣримаго промежутка времени.

Молніи бываютъ не всегда извѣстной зигзагообразной формы. Мы часто видимъ, какъ освѣщается вдругъ цѣлое облако, несмотря на то, что молніи затѣмъ не слѣдуетъ. Тутъ, очевидно, происходитъ одинъ изъ тихихъ разрядовъ, которыми мы еще займемся подробнѣе. Весьма интересны молніи шаровыя; долгое время думали, что такихъ молній не бываетъ, что это однѣ сказки. Тѣмъ не



Разрядникъ.
См. текстъ выше.

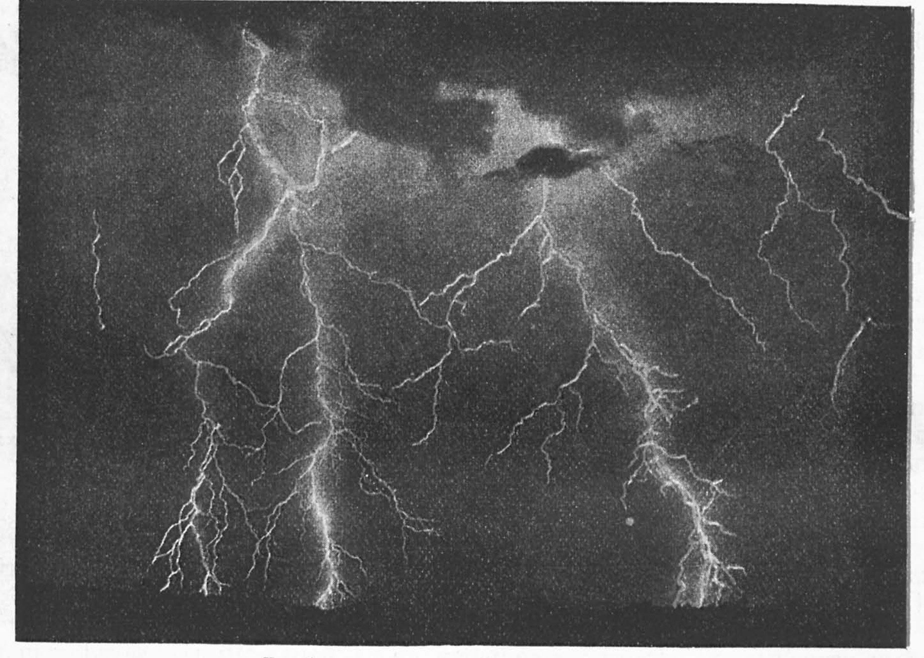
менѣе, правда, очень рѣдко, во время грозы появляются, какъ показали не подлежащія никакимъ сомнѣніямъ наблюденія, у самой поверхности земли между деревьями или домами, свѣтящіеся, туманные почти осязаемые шары: они находятся, повидимому, въ очень быстромъ вращеніи и все время издаютъ особое шипѣніе и трескъ. Они перемѣщаются сравнительно медленно, часто измѣняютъ направленіе движенія, переходя отъ одного изъ имѣющихся по близости предметовъ къ другому и, наконецъ, разсыпаются, не причиняя, по большей части, никакого вреда и не оставляя по себѣ ни малѣйшаго слѣда. Процессъ образованія этихъ шаровыхъ молній до сихъ поръ представляетъ совершенную загадку. Повидимому, это электрическіе



Трубчатая молнія. См. текстъ, стр. 309.

вихри въ большомъ масштабѣ, подобные тѣмъ, которые, по нашимъ предположеніямъ, должны получаться вокругъ сильнаго магнита.

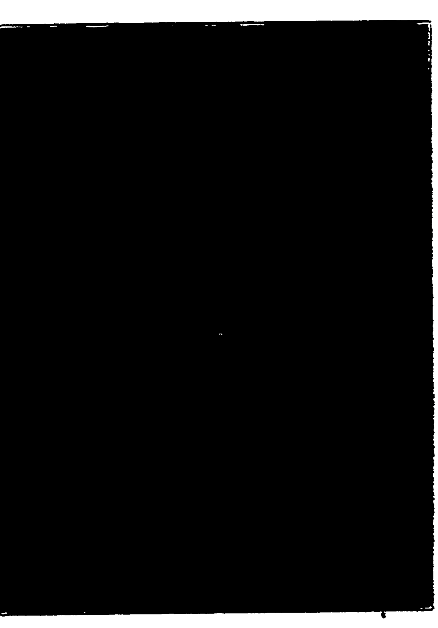
Сказаннаго до сихъ поръ достаточно, чтобы понять предохраняющее дѣйствіе громоотводовъ. Разрушительное или воспламенительное дѣйствіе молній объясняется тѣмъ, что разрядъ встрѣчаетъ на своемъ пути часто только одни дурные проводники: онъ вызываетъ въ нихъ высокія температуры и производитъ, благодаря этому, взрывы, онъ раскалываетъ въ щепы деревья, обращая въ паръ содержащуюся въ нихъ влагу. Напротивъ того, въ проводникѣ электрическій токъ развиваетъ значительно меньше тепла; для своего разряда электричество выбираетъ поэтому болѣе охотно проводники, которые, такимъ образомъ, этотъ разрядъ, по большей части, и обезвреживаютъ. Но, сверхъ того, громоотводы дѣйствуютъ еще предупреждающимъ образомъ. Мы уже видѣли (см. стр. 308), что электричество легче выходитъ изъ остріевъ, чѣмъ изъ предметовъ, имѣющихъ округленную форму. Во время грозы электричествами разныхъ знаковъ сильно заряжены не только облака, но и поверхность земли. Молнія ударяетъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ скопленіе противоположныхъ электричествъ будетъ наибольшимъ. Благодаря дѣйствію острія, черезъ громоотводъ задолго до того, какъ должны были получиться наиболѣе сильныя напряженія, начинаютъ уходить въ окружающее пространство изъ той части земли, которая соединена съ остріемъ, значительныя количества электричества; это электричество, не принося никакого вреда, понижаетъ электрическій потенціалъ на этомъ мѣстѣ, такъ что молнія или совсѣмъ не



Трубчатая молнія. См. текстъ, стр. 309.

пойдетъ по этому пути или, если и ударитъ, то съ силой значительно ослабленной.

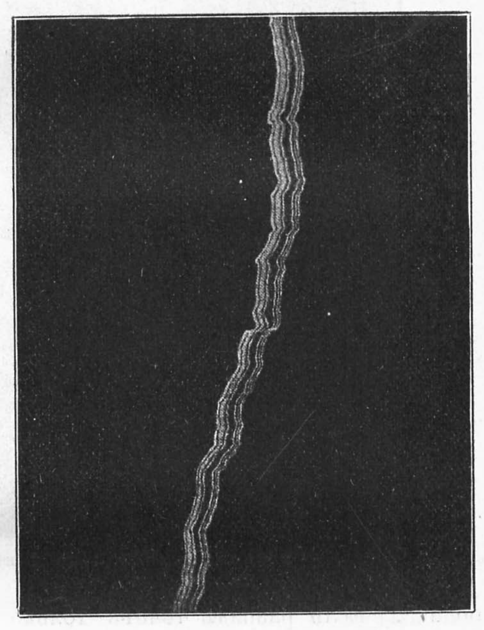
Во время ночныхъ грозъ это дѣйствіе остріевъ бываетъ особенно красиво. Электричество, вытекающее изъ земли черезъ громоотводы или другія остроконечныя тѣла, даже черезъ деревья или вершины горъ, имѣетъ видъ синеватыхъ, а иногда красноватыхъ свѣтящихся пучковъ, которые называются огнями Эльма. Это сказочное явленіе можно наблюдать часто, именно въ горахъ при совершенно ясномъ небѣ. Воздухъ всегда содержитъ электричество, напряженія котораго то увеличиваются, то уменьшаются. Его переходъ въ землю, особенно въ разрѣженномъ воздухѣ у горныхъ вершинъ, можетъ подъ вліяніемъ ихъ острій, начаться тогда, когда напряженіе еще не достигло величины, необходимой для грозы; для грозы, какъ мы знаемъ, необходимы еще, кромѣ присутствія отдѣленныхъ другъ отъ друга электричествъ въ воздухѣ и землѣ и другія условія. На нашемъ рисункѣ стр. 312 мы видимъ явленіе огней Эльма, которое наблюдалось на обсерваторіи на Зоннбликѣ.


Ленточная молнія. См. текстъ, стр. 309.

Мы знаемъ, что молнія пробѣгаетъ свой путь, часто доходящій въ длину до нѣсколькихъ миль, со скоростью совершенно исключительной. Но нельзя ли какъ-нибудь измѣрить это время? Или ставя вопросъ общѣе: нельзя-ли опредѣлить продолжительность электрическаго разряда? Опыты такого рода ведемъ слѣдующимъ образомъ: мы заставляемъ разрядъ перескакивать на его пути черезъ разные просвѣты, причемъ каждый разъ будутъ получаться въ этихъ мѣстахъ искры. Если въ промежуткѣ между двумя такими мѣстами, гдѣ должны получаться искры, токъ проходитъ по проволокѣ большое разстояніе, и если разрядъ требуетъ для своего распространенія извѣстнаго поддающагося измѣренію промежутка времени, то обѣ искры появятся не сразу. Если теперь мы воспользуемся приборомъ, который знакомъ намъ по опытамъ опредѣленія скорости свѣта, — онъ состоитъ, какъ мы помнимъ, изъ быстро вращающагося вокругъ своей оси зеркала, — и станемъ измѣрять угломъ поворота этого зеркала время, протекающее между появленіемъ первой и второй искры, то мы придемъ къ необыкновенно интересному выводу: электричество требуетъ для своего распространенія ровно столько же времени, сколько и свѣтъ. Отсюда ясно, что между этими двумя столь непохожими другъ на друга явленіями должна существовать внутренняя связь. Потомъ мы увидимъ это совершенно отчетливо, теперь же оставимъ этотъ вопросъ на время безъ дальнѣйшаго разсмотрѣнія.

Уже тѣ сравнительно небольшія молніи, которыя мы можемъ вызвать искусственно, производятъ сильное разрушительное дѣйствіе. Наши электрическія искры пробиваютъ дыры въ довольно толстыхъ стеклянныхъ пластинкахъ, раскалываютъ и зажигаютъ дерево и, пройдя черезъ человѣческое тѣло убиваютъ, какъ настоящая молнія.

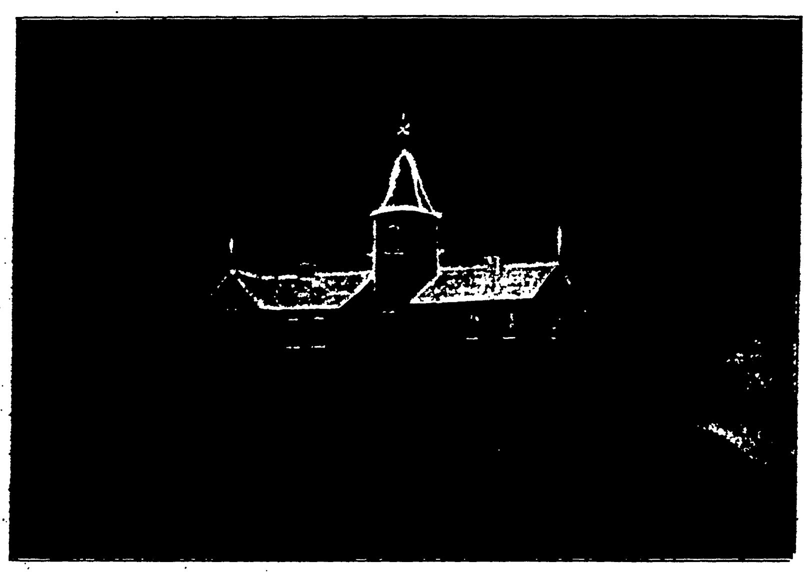
Длина искры при неизмѣнной формѣ кондукторовъ, между которыми проскакиваютъ искры, зависитъ, очевидно, отъ имѣющагося между ними напряженія и поэтому можетъ служить мѣрой такихъ напряженій. Оказывается, что въ воздухѣ между двумя шаровыми кондукторами въ 1 ст. діаметромъ ничтожная по длинѣ искра всего въ 0,1 мм. проскакиваетъ лишь тогда, когда въ воздухѣ напряженіе между ними достигнетъ приблизительно 1000 вольтъ. Чтобы получить искру въ



Ленточная молнія. См. текстъ, стр. 309.

1 мм. необходимо уже около 5000 вольтъ, для искры въ 8 мм. — 25.000 вольтъ. Спрашивается сколько же надо вольтъ для того, чтобы вызвать молнію?

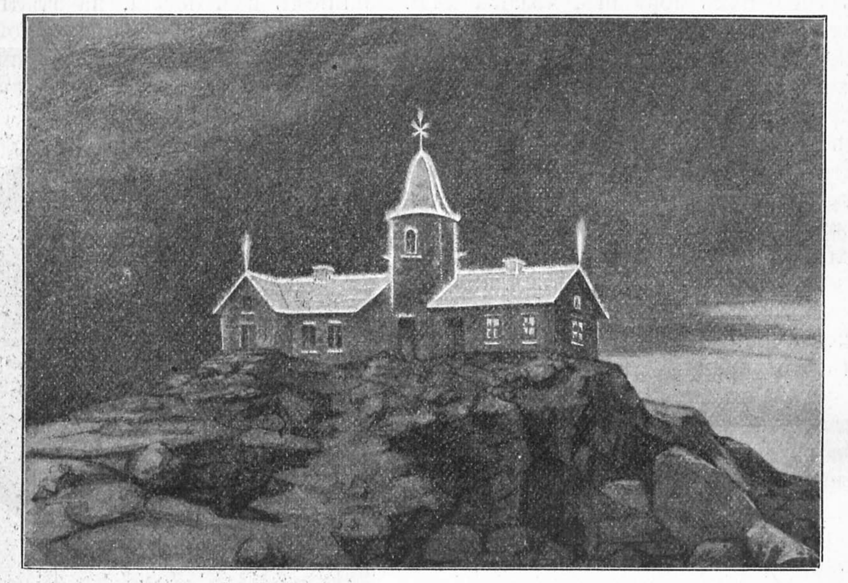
Не безинтересно и то, что разряды электричества того и другого рода сопровождаются искрами неодинаковой формы. Если искра попадетъ на стеклянную пластинку, подготовленную такимъ образомъ, что на ней получается изображеніе распространяющагося по ней электричества, то мы увидимъ, что положительное электричество оставитъ по себѣ лучистыя развѣтвленія, такъ называемыя **Лихтенберговы фигуры** (см. рис. на стр. 313); отрицательный же разрядъ даетъ на пластинкѣ пятна неправильной формы или сгущенія, напоминающія собой



Эльмовы огни на Зоннбликѣ. Съ фотографіи. См. текстъ, стр. 311.

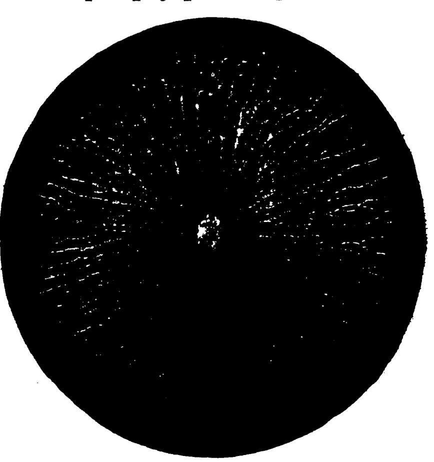
облака. Если разрядъ течетъ только по одному направленію, то есть если подмѣченныя нами различія можно объяснять совершенно такъ, какъ мы объясняли полярность магнетизма при одномъ направленіи движенія магнитнаго вихря, то различныя свойства разряда непремѣнно должны обнаружиться. Мы перейдемъ теперь къ другимъ болѣе важнымъ отличіямъ положительнаго и отрицательнаго разряда.

Отъ продолжительности разряда надо отличать продолжительность искры, которая значительно больше первой. При помощи вращающагося зеркала можно опредѣлить и ее: для небольшой искры она исчисляется въ 42 милліонныхъ секунды. Такимъ образомъ, въ теченіе секунды этотъ приблизительно въ 1 см. путь искра пробѣжала 42 милліона разъ, но это составляетъ всего 100 км., величину малую, по сравненію съ 300,000 км. скорости свѣта и равной ей скорости разряда. Изображеніе искры, видѣнное въ быстро вращающемся зеркалѣ, тотчасъ же объяснитъ намъ причину этой поразительной разницы. Мы видимъ, что изображеніе это какъ-то особенно растянуто въ длину (см. рисунки на стр. 314). Разряды идутъ одинъ за другимъ слоями, а отсюда, и кромѣ того на основаніи другихъ фактовъ, мы вправѣ заключить, что уничтожающія другъ друга электричества сначала протекаютъ между обоими проводниками въ видѣ **колебательнаго** разряда, впередъ и назадъ, такъ что первый разрядъ вызываетъ противоположнаго знака зарядъ, этотъ зарядъ вызываетъ слѣдующій, этотъ въ свою очередь слѣдующій и такъ далѣе, словомъ, тутъ тѣ же колебанія взадъ и впередъ, какія мы наблюдаемъ въ пружинѣ, которая была сжата, а потомъ отпущена. Разряды электричества высокихъ напряженій имѣютъ еще одну общую черту съ колебаніями пружинъ. Пружина, которую освобождаютъ отъ сильно прижимающаго ее груза,



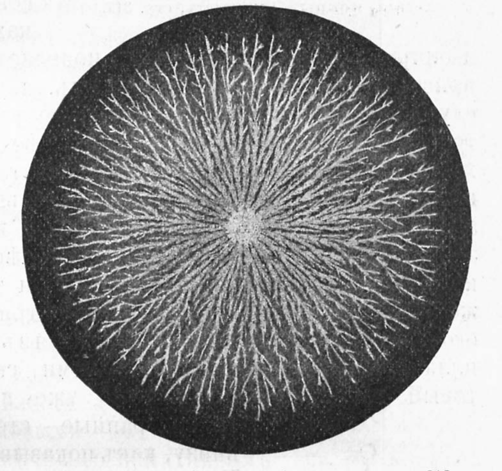
Эльмовы огни на Зоннбликѣ. Съ фотографіи. См. текстъ, стр. 311.

возвращается въ свое первоначальное положеніе не сразу. Если на мгновеніе задержать ее въ томъ мѣстѣ, до котораго она теперь дойдетъ, то снова образуется небольшое напряженіе, это будетъ то остаточное дѣйствіе, которое спустя нѣкоторое время въ свою очередь проявится. Точно также и лейденская банка, которая была совершенно разряжена и потеряла при этомъ свое первоначальное сильное напряженіе, вскорѣ оказывается снова слегка заряженной; изъ нея можно извлечь небольшую искру и не одну, а еще нѣсколько. Для пониманія внутренней природы электричества весьма важно болѣе подробно изслѣдовать отношеніе проводниковъ къ изоляторамъ. Мы видѣли, что можно наэлектризовать треніемъ и проводники; для этого надо только ихъ изолировать; отсюда могла бы явиться мысль, что между проводниками и изоляторами въ сущности нѣтъ никакой разницы. Напротивъ того, къ своему удивленію мы узнаемъ, что электрическая сила, которая какъ бы излучается изъ электрическаго резервуара, безпрепятственно проходитъ сквозь изоляторы, но задерживается проводниками, которые дѣйствуютъ на нее, какъ экранъ. Вотъ почему изоляторы называются также діэлектриками. Они пропускаютъ электрическую силу, они прозрачны для нея, въ то время какъ проводники непрозрачны. На электрическія явленія, которыя мы наблюдаемъ тутъ, можно смотрѣть, какъ на отраженія этихъ излученій. Такъ какъ мы имѣемъ въ виду обратить особое вниманіе на параллели между свѣтомъ и электричествомъ, то болѣе подробное изученіе свойствъ этой электрической проницаемости представляетъ для насъ большой интересъ.



Лихтенберговы фигуры. См. текстъ, стр. 312.

Основные рѣшающіе опыты въ этой области были выполнены опять-таки Фарадеемъ. Онъ построилъ шаровой конденсаторъ, въ которомъ въ промежуткѣ между обоими концентрическими шарами A и B можно было помѣщать изолирующій слой C (см. чертежъ, помѣщенный на стр. 314). Онъ заряжалъ конденсаторъ опредѣленнымъ количествомъ электричества, причемъ изоляторомъ ему въ одномъ случаѣ служилъ воздухъ, въ другомъ — половина пространства между шарами заполнялась какимъ-нибудь другимъ діэлектрикомъ, напримѣръ, сѣрой. При этомъ оказалось, что дѣйствіе конденсатора при употребленіи различныхъ изоляторовъ, каждый разъ новое. Для численнаго выраженія этихъ дѣйствій введено было особое понятіе діэлектрической постоянной; если мы обратимся къ области свѣта, то тамъ соотвѣтствовать этой постоянной будетъ показатель преломленія, который, какъ извѣстно, и на самомъ дѣлѣ зависитъ отъ молекулярной проницаемости того или другого вещества по отношенію къ свѣту. Мало того, наблюденія показали, что для каждаго вещества эта діэлектрическая постоянная K равна какъ разъ квадрату его показателя преломленія n. У насъ снова получается строго провѣренная числовыми данными связь между обоего рода явленіями, несмотря на то, что видимо они такъ различны.* Мы выносимъ отсюда убѣжденіе, что молекулярное строеніе изоляторовъ оказываетъ на свѣтовые и электрическіе процессы одинаковое дѣйствіе. Уже въ главѣ о свѣтѣ мы привели на стр. 210 математическое выраженіе такъ называемой молекулярной рефракціи, которая не зависитъ ни отъ температуры, ни отъ давленія, а, стало быть, не зависитъ и отъ разстоянія между молекулами. Въ соотвѣтствіи съ этимъ мы нашли, что величина $R = \frac{1}{d} \cdot \frac{K-1}{K+2}$, гдѣ d плотность разсматриваемаго вещества, представляетъ изъ себя постоянную, зависящую только отъ внутренняго строенія молекулъ. Далѣе изъ теоріи слѣдуетъ, что можно вы-



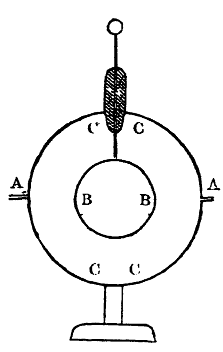
Лихтенберговы фигуры. См. текстъ, стр. 312.

числитъ на основаніи этого математическаго выраженія отношеніе величины молекулъ къ промежуткамъ, имѣющимся между ними; это отношеніе будетъ равно $\frac{(K-1)}{(K+2)}$

Итакъ, теперь послѣ всего того, что сказано, не можетъ оставаться никакого сомнѣнія въ томъ, что электрическія явленія въ большой мѣрѣ зависятъ отъ изоляторовъ. Слѣдующій опытъ очень наглядно подтверждаетъ это положеніе. Мы придаемъ пластинкѣ Франклина такое устройство, что обѣ металлическихъ обкладки могутъ быть сняты съ отдѣляющаго ихъ непроводящаго слоя. Если мы снимемъ теперь эти обкладки съ уже заряженнаго конденсатора и совершенно разрядимъ ихъ, то тѣмъ не менѣе, какъ только мы прикладываемъ ихъ снова къ изолирующему слою, на нихъ появляется зарядъ. Такимъ образомъ, электричество пристало къ непроводнику, и онъ, а не проводникъ, продолжалъ не переставая служить носителемъ силы. Точное изслѣдованіе всѣхъ относящихся сюда обстоятельствъ убѣждаетъ насъ все болѣе и болѣе въ томъ, что причина и мѣсто нахожденія электрической силы—изоляторы, или, собственно говоря, эѳиръ, который пронизываетъ эти вещества, поскольку они для него прозрачны. Прозрачность эта у проводниковъ меньше, чѣмъ у изоляторовъ. Вокругъ нихъ образуется слой эѳира, который затѣмъ и является мѣстомъ электрическихъ явленій, исходящихъ, какъ намъ кажется, изъ поверхности тѣлъ. Согласно этому представленію, заряженный проводникъ вовсе не наэлектризованъ, наэлектризована только облекающая его эѳирная оболочка. Тѣсная связь между свѣтомъ и электричествомъ иллюстрируется еще интересными свойствами турмалина, кристалла, на который мы обратили вниманіе уже при изслѣдованіи явленія поляризаціи свѣта. Шестигранные столбики этого кристалла срѣзаны вверху и внизу, какъ показываетъ намъ черт., пом. на стр. 315 неодинаково. Если его нагрѣть, то послѣ этого, при охлажденіи, мы замѣтимъ въ немъ состояніе электризаціи: онъ будетъ притягивать, какъ натертая стеклянная палочка, легкіе предметы. Болѣе внимательное изслѣдованіе кристалла обнаруживаетъ еще новый въ высшей степени странный фактъ: оба конца кристалла, какъ показано у насъ на чертежѣ, оказываются противоположно наэлектризованными. Совершенно тѣ же явленія мы будемъ имѣть, если, вмѣсто охлажденія, подвергнемъ кристаллъ сжатію. Это явленія такъ называемаго пиро- и пьезоэлектричества (электричества сжатія); мы уже знакомы съ соотвѣтствующими имъ явленіями магнетизма. Аналогіей является также вліяніе давленія на показатель преломленія.

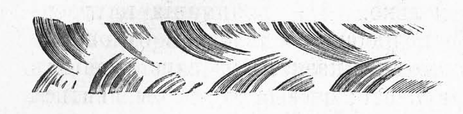


Фотографическій снимокъ колеблющейся искры. См. текстъ, стр. 312.

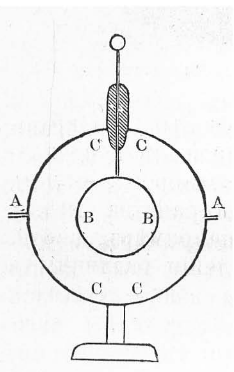


Шаровой конденсаторъ. См. текстъ, стр. 313.

Рикке и Фохтъ въ Гёттингенѣ теоретически и практически изслѣдовали дальнѣйшія стороны вопроса объ электрическихъ явленіяхъ въ кристаллахъ. По взгляду, установившемуся на этого рода явленія теперь, электрическія напряженія, исходящія изъ кристалловъ, тождественны съ тѣми напряженіями, которыми обусловливается ихъ кристаллическая форма. Форму эту можно установить какъ по тѣмъ чудеснымъ разноцвѣтнымъ фигурамъ, которыя получаются въ чрезвычайно тонкой пластинкѣ кристалла, когда мы помѣщаемъ ее въ поляризованномъ свѣтѣ (см. приложеніе, стр. 266); такъ и по тѣмъ электрическимъ явленіямъ, которыя наблюдаются въ кристаллахъ. Но явленія эти обусловливаются нѣкоторой притягательной силой, силовыя линіи которой группируются совершенно такъ же, какъ главныя оси разсматриваемой кристаллической формы, а потому это совпаденіе представляетъ большой интересъ въ томъ смыслѣ, что проливаетъ свѣтъ на возникновеніе самихъ кристалловъ. Какъ только у насъ получится, хотя бы самый



Фотографическій снимокъ колеблющейся искры. См. текстъ, стр. 312.

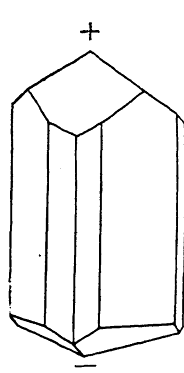


Шаровой конденсаторъ. См. текстъ, стр. 313.

маленькій кристалликъ, электрическія притяженія, производимыя имъ на окружающія его однородныя молекулы, сдѣлаютъ то, что дальнѣйшій приростъ его будетъ протекать при совершенно такихъ же геометрическихъ условіяхъ, какія соотвѣтствуютъ формѣ даннаго кристалла. Процессъ кристаллизаціи переходитъ такимъ образомъ въ область электрическихъ явленій.

d) Гальваническій токъ.

Магнитныя и электростатическія явленія, которыми мы занимались до сихъ поръ, не входятъ въ ту группу явленій, которымъ электричество обязано своимъ исключительнымъ положеніемъ въ ряду другихъ, примѣняемыхъ въ техникѣ, силъ природы и участьемъ чуть не во всѣхъ сторонахъ нашей обиходной жизни. Всѣмъ этимъ практически важнымъ дѣйствіямъ мы обязаны особому проявленію электричества, гальваническому току, который лишь въ 1789 г., благодаря простой случайности, былъ открытъ болонскимъ профессоромъ медицины Гальвани и его женой (см. рисунки на стр. 6 и 7). Вздрагиванія мертвой лягушки, находившейся по близости отъ электрической машины, въ которой получались искры, вздрагиванія другой лягушки, которая совершенно случайно была соединена мѣдной проволокой съ желѣзными перилами, были первымъ зерномъ того громаднаго организма, въ который вошли величайшія пріобрѣтенія техники, — телеграфія, телефоны и электрическій свѣтъ. Электрическія силы работаютъ, по большей части, въ тиши. Мы должны были ждать случая, который выдалъ бы ихъ дѣйствіе. Съ того момента, какъ такой случай представился, нашъ пытливый умъ, руководимый законами строгаго мышленія, придающаго научнымъ дисциплинамъ все болѣе и болѣе гордый видъ, уже могъ исходить изъ этихъ незамѣтныхъ по своей малости дѣйствій электричества и открывать существованіе новыхъ все болѣе и болѣе могучихъ явленій, которыя служатъ вѣчнымъ памятникомъ мощи человѣческаго разума.



Турмалинъ.
См. текстъ, стр. 314.

Еще до сихъ поръ часто повторяютъ опытъ съ бедромъ лягушки (см. рисунокъ, помѣщенный рядомъ), прямо изъ вниманія къ славной удачѣ Гальвани, потому что теперь у насъ есть въ своемъ распоряженіи такія батареи и такія динамомашины, которыя даютъ въ милліоны разъ болѣе сильные токи, чѣмъ токъ, требующійся для сокращеній лягушечьяго бедра.

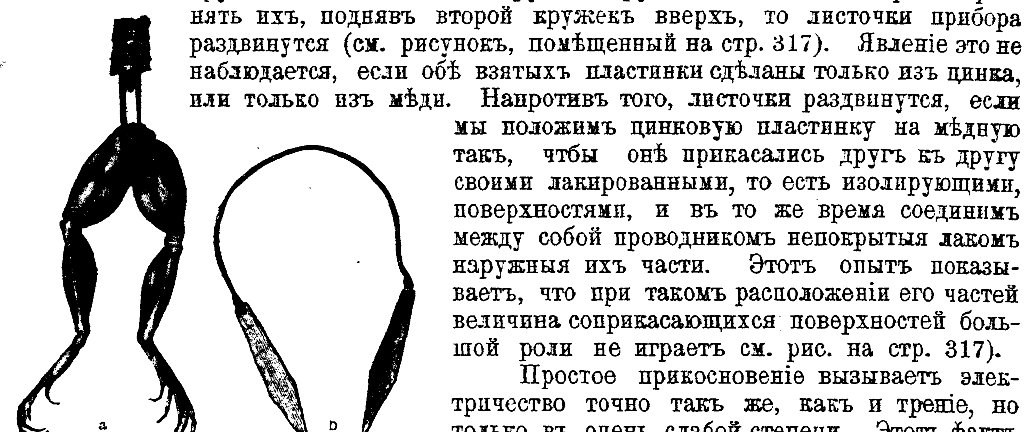
Если соединить между собой при помощи какой-нибудь металлической проволоки заостренные кусочки мѣди и цинка (b) и притронуться сразу обоими остріями къ свѣже-препарированному лягушечьему бедру a, то оно непремѣнно вздрогнетъ. Эти связанные между собой металлы дѣйствуютъ тутъ, какъ магическая палочка: они возвращаютъ на мгновеніе тѣлу животнаго утраченную имъ жизнь. Опытъ не требуетъ никакихъ особыхъ предосторожностей; не приходится даже изолировать бедра лягушки. Если-бъ не было параллельнаго опыта Гальвани съ электрической машиной, мы сами могли бы случайно напасть на этотъ опытъ и наблюдать тѣ же явленія, но, по всей вѣроятности, даже не подумали бы, что здѣсь участвуетъ электричество. Но бедро вздрагиваетъ и въ томъ случаѣ, когда мы дотрагиваемся до него натертой сургучной палочкой или вносимъ въ какое бы то ни было электрическое поле, напримѣръ, помѣщаемъ по близости отъ электрической машины, въ которой проскакиваютъ искры.

Физіологическими причинами этихъ вздрагиваній мы заниматься не будемъ. Для насъ достаточно знать, что каждый возбуждаемый электричествомъ мускулъ, даже въ тѣлѣ мертвомъ, пока только онъ не слишкомъ высохнетъ или начнетъ разлагаться, сокращается; онъ отвѣчаетъ этимъ сокращеніемъ на самые слабые токи и благодаря этому они и были обнаружены. Если мы не замѣчаемъ на себѣ такихъ дѣйствій при прикосновеніи къ намъ этой мѣдно-цинковой пары, то это объясняется только тѣмъ, что получающіяся тутъ ничтожныя количества у насъ

тотчасъ же распредѣляются по всему большому и проводящему человѣческому тѣлу. Но мы получимъ вполнѣ отчетливое раздраженіе, если пойдемъ другимъ путемъ, описаннымъ у насъ уже во введеніи (стр. 25); для этого надо ввести обѣ металлическихъ пластинки въ ротъ и потомъ снаружи ихъ соединить, при этомъ мы получаемъ каждый разъ, какъ только закроемъ глаза, ощущеніе свѣта, обусловливаемое раздраженіемъ глазного нерва электричествомъ.

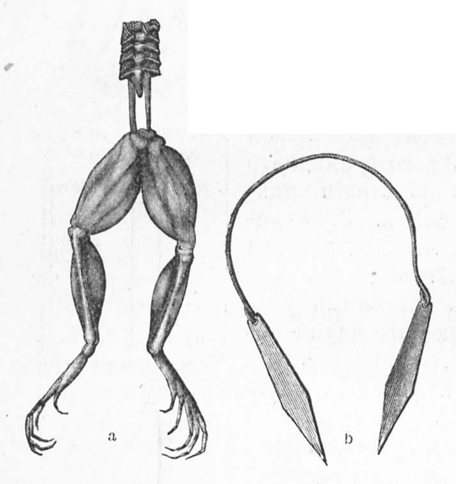
Гальвани не могъ понять настоящей причины явленій, которыя пришлось наблюдать первому ему. Ему не приходило въ голову, что явленія эти возникаютъ только потому, что здѣсь соприкасаются два различныхъ металла. Первымъ доказалъ правильность этого взгляда Вольта, который такимъ образомъ и является настоящимъ основателемъ ученія о контактномъ элекричествѣ.

Если электроскопъ съ золотыми листочками оканчивается наверху не шарикомъ (см. стр. 301), а мѣднымъ кружкомъ, и если положить на этотъ кружекъ другой цинковый съ изолирующей ручкой и потомъ осторожно разнять ихъ, поднявъ второй кружекъ вверхъ, то листочки прибора раздвинутся (см. рисунокъ, помѣщенный на стр. 317). Явленіе это не наблюдается, если обѣ взятыхъ пластинки сдѣланы только изъ цинка, или только изъ мѣди. Напротивъ того, листочки раздвинутся, если мы положимъ цинковую пластинку на мѣдную такъ, чтбы онѣ прикасались другъ къ другу своими лакированными, то есть изолирующими, поверхностями, и въ то же время соединимъ между собой проводникомъ непокрытыя лакомъ наружныя ихъ части. Этотъ опытъ показываетъ, что при такомъ расположеніи его частей величина соприкасающихся поверхностей большой роли не играетъ см. рис. на стр. 317).



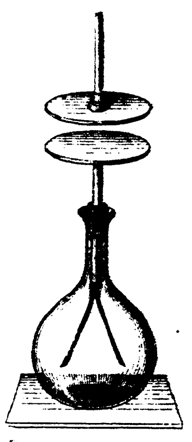
Опытъ съ бедромъ лягушки. a) Бедро лягушки; b) гальваническій возбудитель. См. тексть, стр. 315.

Простое прикосновеніе вызываетъ электричество точно такъ же, какъ и треніе, но только въ очень слабой степени. Этотъ фактъ намъ, опирающимся во всемъ на воззрѣніе о молекулярномъ строеніи матеріи, особенно удивительнымъ показаться не можетъ. Мы знаемъ, что настоящаго соприкосновенія между молекулами нѣтъ, а, стало быть, тѣмъ болѣе нѣтъ и тренія. Большая или меньшая проницаемость вещества объясняется его натяженіями, натяженіями внутри молекулъ и между молекулами, обусловленными движеніями молекулъ и эфира. Электрическія явленія всегда выигрываютъ въ наглядности, какъ только мы начинаемъ разсматривать ихъ, какъ междумолекулярныя натяженія эфира. Мы должны допустить, что такія натяженія существуютъ всегда, но что обыкновенно они находятся въ состояніи равновѣсія, и потому внѣшнихъ проявленій ихъ мы замѣтить не можемъ. Но стоитъ молекуламъ одного тѣла проникнуть въ промежутки между молекулами другого тѣла, и это равновѣсіе нарушится, для этого надо только, чтобы движенія молекулъ обоего рода были неодинаковы, другими словами, чтобы пришли въ соприкосновеніе тѣла различныя. Тогда электрическія явленія и выступятъ. Такое проникновеніе молекулъ одного вещества въ молекулы другого должно происходить, какъ при треніи, такъ и при простомъ ихъ соприкосновеніи, но, разумѣется, въ этомъ случаѣ молекулы одного тѣла будутъ проникать въ другое не такъ сильно, какъ при треніи. Наблюденіе показываетъ, что это такъ. Количества статическаго электричества, получающіяся при треніи, всегда очень и очень незначительны. На первый взглядъ можетъ показаться, что контактное электричество должно производить тѣ же дѣйствія, что и электричество, получаемое при треніи, и ужъ во всякомъ случаѣ не болѣе сильныя дѣйствія, на самомъ же дѣлѣ какъ разъ этой группѣ явленій мы обязаны тѣми огромными силами, которыя теперь извѣстны каждому, и которыми пользуются для сообщенія желѣзнодорожнымъ поѣздамъ тѣхъ большихъ скоростей, которыхъ при пользованіи силой пара

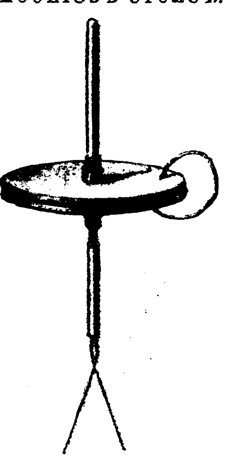


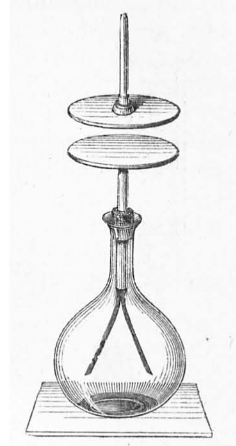
Опытъ съ бедромъ лягушки. a) Бедро лягушки; b) гальваническій возбудитель. См. текстъ, стр. 315.

достигнуть нельзя. Кажущееся противорѣчіе легко устранить: вспомнимъ только, что прикосновеніе этихъ двухъ различныхъ проводниковъ даетъ намъ непрерывно дѣйствующую электрическую машину, изъ которой можно постоянно брать непрерывно и самостоятельно отдѣляющееся электричество. Контактное электричество можно сравнить съ очень слабымъ, но непрерывно текущимъ источникомъ, который въ концѣ концовъ можетъ заполнить очень большой резервуаръ.


Электроскопъ для изслѣдованія гальваническаго тока. См. текстъ, стр. 316.

Итакъ, первая задача, которую мы себѣ теперь поставимъ, состоитъ въ томъ, чтобы увеличить количество электричества, получающагося при соприкосновеніи разнородныхъ веществъ, — это позволитъ намъ приступить къ болѣе подробному изученію его свойствъ. Мы уже видѣли, что отъ увеличенія поверхности много выиграть нельзя. Но зато большую пользу приноситъ внесеніе между веществами жидкости, которая дѣлаетъ соприкосновеніе ихъ болѣе тѣснымъ, такъ какъ болѣе подвижныя молекулы ея легче проникаютъ въ промежутки между молекулами твердыхъ тѣлъ и благодаря этому усиливаютъ электрическія явленія. Чтобы сдѣлать это, мы кладемъ на мѣдную пластинку слой пропускной бумаги, смоченной подкисленной водой, которая проводитъ электричество лучше обыкновенной, а затѣмъ на нее уже кладется пластинка цинковая. Если мы теперь снова соединимъ оба металла проводникомъ, то мы получимъ болѣе сильное дѣйствіе, нежели раньше. Эта комбинація называется элементомъ Вольты. Если положить другъ на друга цѣлый рядъ такихъ элементовъ, то напряженіе, возникшее въ первомъ, передается второму и усилитъ его дѣйствіе и такъ далѣе. Такъ составляется вольтовъ столбъ; если взять достаточно такихъ элементовъ, то есть такихъ металлическихъ паръ, то изъ этого столба можно извлечь уже искру (см. рис. 318) на томъ же принципѣ построенъ такъ называемый цамбоніевъ столбъ. Элементы его состоятъ изъ множества маленькихъ кружковъ вырѣзанныхъ изъ листковъ обыкновеннаго сусальнаго золота и серебра. Этотъ металлическій составъ наносятъ на бумагу съ обѣихъ сторонъ. Въ составъ сусальнаго золота входитъ обыкновенно главнымъ образомъ мѣдь, серебряная же масса изготовляется изъ олова и цинка. Если класть такіе листки поочередно одинъ за другимъ другъ на друга такъ, чтобы они прикасались своими металлическими поверхностями, то два такихъ производящихъ электричество элемента будутъ всегда отдѣлены слоемъ бумаги. Бумага притягиваетъ и впитываетъ въ себя необходимое количество влаги изъ воздуха и такимъ образомъ не перестаетъ быть проводникомъ. Конечно, дѣйствуетъ такой цамбоніевъ столбъ не очень сильно, но зато работаетъ онъ почти безпредѣльно долго, причемъ не требуетъ никакого ухода. Съ помощью его можно устроить чрезвычайно чувствительный электроскопъ, который показываетъ и родъ изслѣдуемаго электричества, чего, какъ извѣстно, обыкновенный электроскопъ съ золотыми листочками намъ не даетъ. Какъ устроенъ этотъ приборъ, видно изъ рисунка на стр. 318. Оба конца цамбоніева столба a, снабжены металлическими пластинками bb, которыя входятъ въ стеклянный сосудъ, и между которыми виситъ тамъ изолированный отъ остальныхъ частей золотой листокъ. Обѣ пластинки все время получаютъ отъ столба заряды противоположныхъ знаковъ. Если на указателѣ нѣтъ электричества, онъ неподвижно виситъ на своемъ мѣстѣ между обѣими пластинками. Если ему сообщенъ положительный зарядъ, онъ приближается къ отрицательно заряженной пластинкѣ, если онъ заряженъ отрицательно—наоборотъ. Если приборъ устроенъ такъ, что притягиваемый листокъ можетъ прикасаться къ пластинкамъ, то при первомъ же прикосновеніи онъ

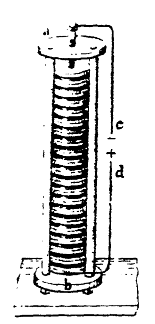

Электроскопъ, въ которомъ изолированныя поверхности соединены проводникомъ. См. текстъ, стр. 316



Электроскопъ для изслѣдованія гальваническаго тока. См. текстъ, стр. 316.

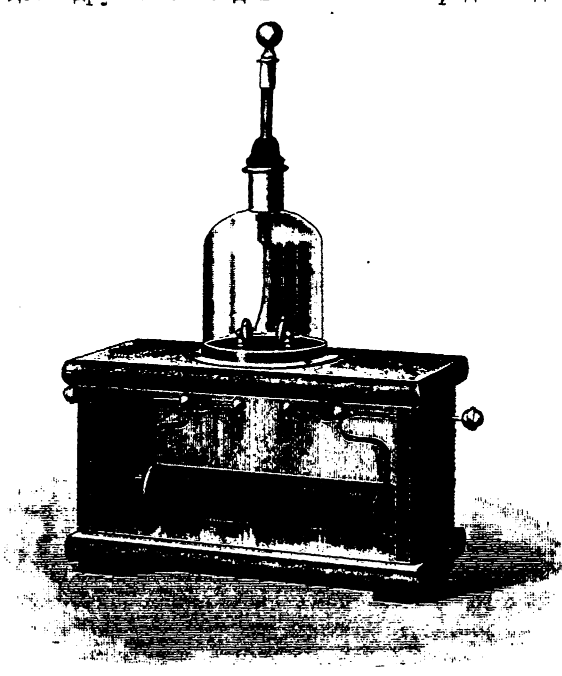
Электроскопъ, въ которомъ изолированныя поверхности соединены проводникомъ. См. текстъ, стр. 316

получитъ зарядъ, одноименный съ тѣмъ, который имѣется на пластинкѣ, и отъ нея оттолкнется; затѣмъ, дойдя до второй пластинки и прикоснувшись къ ней, снова оттолкнется. Такое качаніе, повидимому, должно совершаться безъ конца, да и на самомъ дѣлѣ это perpetuum mobile можетъ дѣйствовать цѣлыми годами, какъ намъ кажется, ни откуда не получая никакой силы. Въ дѣйствительности же металлическія части, входящія въ этотъ столбъ, все время медленно, но непрерывно разлагаются, и подъ конецъ качанія этого электрическаго маятника прекращаются.

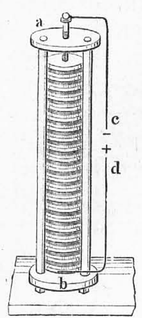


Вольтовъ столбъ, состоящій изъ паръ цинковыхъ и мѣдныхъ пластинокъ, съ прокладками изъ влажной бумаги. См. текстъ, стр. 317.

Послѣ всего этого легко уже придти къ мысли, что влажную прослойку можно замѣнить сосудомъ съ жидкостью; что можно опустить мѣдную и цинковую пластинки въ стаканъ, наполненный разбавленной сѣрной кислотой, такъ что при этомъ обѣ онѣ будутъ соприкасаться не прямо другъ съ другомъ, а только съ жидкостью. Эта комбинація носитъ названіе гальваническаго элемента. Можно соединить между собой рядъ такихъ элементовъ подобно тому, какъ мы это дѣлали въ вольтовомъ столбѣ, и у насъ получится гальваническая баттарея; при этомъ цинковую пластинку одного сосуда всегда соединяютъ проводникомъ съ мѣдной пластинкой ближайшаго сосуда. Теоретически такимъ путемъ увеличенія числа элементовъ, казалось, можно бы получить электрическія дѣйствія какой угодно силы; на самомъ же дѣлѣ возрастанію ихъ силы положенъ предѣлъ, который не старались перейти въ виду того, что были найдены другія болѣе дѣйствительныя средства для полученія гальваническихъ токовъ.


Цамбоніевъ столбъ изъ листковъ сусальнаго золота и серебра, съ Фехнеровымъ электрометромъ. См. текстъ, стр. 317.

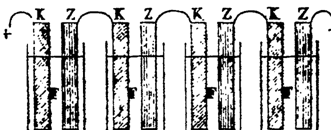
При болѣе внимательномъ изслѣдованіи дѣйствія такой гальванической батареи прежде всего оказывается, что здѣсь, какъ и въ цамбоніевомъ столбѣ, разноименныя электричества скопляются на двухъ противоположныхъ концахъ. Въ нашей баттареѣ, въ которую входятъ мѣдь и цинкъ, положительное электричество получается всегда на сторонѣ мѣди, а отрицательное — на сторонѣ цинка. Поэтому то и говорятъ, что въ батареѣ есть полюсы, отрицательный и положительный. Процессъ, благодаря которому въ такой гальванической баттареѣ происходитъ раздѣленіе электричествъ, конечно, гораздо сложнѣе, чѣмъ мы до сихъ поръ предполагали. Пластинки можно ставить въ сосудѣ на любомъ разстояніи другъ отъ друга, а дѣйствіе ихъ не измѣнится отъ этого хоть сколько-нибудь замѣтно; стало быть, тутъ молекулы мѣди и цинка въ прямое соприкосновеніе во всякомъ случаѣ не приходятъ. Оказывается, что для раздѣленія электричествъ достаточно просто опустить цинкъ въ разбавленную сѣрную кислоту. Въ самомъ дѣлѣ, если бы соприкосновеніе какихъ-нибудь двухъ веществъ не дало бы электрическихъ дѣйствій, послѣ того какъ мы уже видали, что эти дѣйствія получаются при соприкосновеніи двухъ опредѣленныхъ веществъ, то это, принимая во вниманіе все, что



Вольтовъ столбъ, состоящій изъ паръ цинковыхъ и мѣдныхъ пластинокъ, съ прокладками изъ влажной бумаги. См. текстъ, стр. 317.

Цамбоніевъ столбъ изъ листковъ сусальнаго золота и серебра, съ Фехнеровымъ электрометромъ. См. текстъ, стр. 317.

мы знаемъ о дѣйствіяхъ силъ природы, было бы только удивительно. Стало быть, раздѣленіе электричества происходитъ всегда въ слоѣ, отдѣляющемъ цинкъ отъ сѣрной кислоты. Въ началѣ же процесса здѣсь неподвижно сосредоточиваются электричества обоихъ родовъ, представляя собой какъ бы обкладки конденсатора. Электричество распадается на двѣ части и при опусканіи мѣди въ сѣрную кислоту. Но, прямыя измѣренія и соображенія, основывающіяся на дальнѣйшихъ фактахъ, показываютъ, что сила, раздѣляющая электричество, получающаяся при соприкосновеніи мѣди и кислоты, гораздо меньше силы, возникающей при соприкосновеніи сѣрной кислоты и цинка. При этомъ между обоими одновременно заключающимися въ сосудѣ конденсаторами устанавливается извѣстная разность напряженій, благодаря которой отрицательное электричество переходитъ черезъ жидкость съ мѣди на цинкъ, причемъ взамѣнъ этого на мѣди освобождается равное количество электричества противоположнаго знака. Такимъ образомъ, тутъ между пластинками происходитъ настоящій переносъ молекулъ, обусловливаемый дѣйствіемъ возникающей при этомъ процессѣ электродвижущей силы. Такъ какъ одновременно съ этимъ въ принимающихъ здѣсь участье жидкостяхъ наблюдаются химическія разложенія, то жидкости эти получаютъ названіе проводниковъ-электролитовъ.



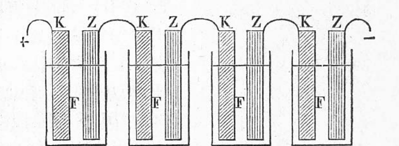
Вольтова батарея. К мѣдь; Z цинкъ; F жидкость. См. текстъ ниже

Итакъ, мы видѣли, что цинкъ и мѣдь въ соединеніи съ одной и той же жидкостью даютъ неодинаковыя электрическія напряженія. Если мы изслѣдуемъ взаимныя дѣйствія различныхъ веществъ при ихъ соприкосновеніи, то мы найдемъ, на подобіе извѣстнаго намъ уже ряда, составленнаго при изученіи электричества тренія, другой рядъ,—рядъ гальваническихъ напряженій, а именно: цинкъ, олово, свинецъ, желѣзо, висмутъ, мѣдь, серебро, золото, платина.

Изъ этого ряда мы видимъ, что цинкъ въ сочетаніи съ серебромъ, золотомъ или платиной даетъ еще большую разрѣшающую силу, чѣмъ съ мѣдью, причемъ во всѣхъ этихъ случаяхъ направленіе процесса раздѣленія одно и то же. Напротивъ того, если соединить мѣдь съ платиной, то положительное электричество направляется къ мѣди, обратно тому, что бываетъ при соединеніи мѣди съ цинкомъ, когда оно течетъ отъ мѣди къ цинку. Стало быть, тутъ мы видимъ то самое явленіе, съ которымъ уже знакомы по электричеству тренія: раздѣленіе электричества на опредѣленные рода не является неизмѣннымъ свойствомъ тѣлъ, это — свойство относительное, направленіе котораго зависитъ отъ тѣхъ взаимоотношеній, которыя устанавливаются между молекулярными движеніями системъ, приходящихъ въ столкновеніе.

Нѣтъ сомнѣнія, что раздѣленіе электричествъ должно произойти и при простомъ соприкосновеніи двухъ различныхъ непроводниковъ: вѣдь это, какъ извѣстно, бываетъ при ихъ треніи, а треніе — только преумноженное соприкосновеніе. Но такъ какъ раздѣленныя электричества въ этомъ случаѣ не могутъ распространиться далѣе, то простое соприкосновеніе непроводниковъ не можетъ стать такимъ постояннымъ источникомъ электричества, какъ соприкосновеніе проводниковъ. Тѣ необыкновенно малыя количества свободнаго электричества, которыя получаются тутъ при соприкосновеніи и никуда не уходятъ, не могутъ быть нами замѣчены. Изъ изоляторовъ совершенно невозможно построить „батареи".

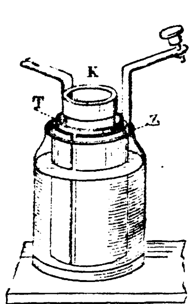
Благодаря тому, что разрѣшающая сила проводниковъ далеко неодинакова, стали строить самые разнообразныя гальваническія баттареи; наиболѣе употребительные типы ихъ мы теперь и разсмотримъ. Простой элементъ, составленный изъ цинка и мѣди, былъ скомбинированъ уже Вольтой (см. чертежъ, пом. выше), Вульстенъ придалъ ему болѣе совершенную форму. Чтобы усилить дѣйствіе, Сми замѣнилъ мѣдь серебромъ, а Грове—платиной. Эти баттареи въ силу этого значительно дороже. Во всѣхъ этихъ элементахъ металлы погружены въ одну и ту же жидкость. Благодаря этому они страдаютъ однимъ важнымъ недостаткомъ, который называется поляризаціей баттареи. Неотдѣлимые отъ электрическихъ



Вольтова батарея. К мѣдь; Z цинкъ; F жидкость. См. текстъ ниже

процессовъ явленія разложенія вредно сказываются на самомъ процессѣ образованія электричества, такъ какъ они измѣняютъ природу самыхъ соприкасающихся веществъ. Дѣйствіе баттареи скоро ослабѣваетъ и, наконецъ, совершенно прекращается.

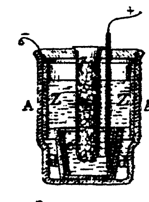
Этотъ недостатокъ устраненъ въ такъ называемыхъ постоянныхъ элементахъ: здѣсь оба металла отдѣлены другъ отъ друга пористыми перегородками, сквозь которыя свободно проходятъ заряженныя электричествомъ молекулы, что же касается до выбранныхъ нами тутъ двухъ жидкостей, окружающихъ оба металла, то при такомъ устройствѣ элемента онѣ уже вреднаго дѣйствія оказывать не могутъ. Элементъ Даніеля (см. рисун. пом. рядомъ) состоитъ изъ стеклянаго стакана, въ который вставленъ пористый цилиндрическій глиняный сосудъ. Послѣдній, носящій названіе глиняной ячейки T, окруженъ другимъ цилиндромъ, цинковымъ Z, погруженнымъ въ разведенную сѣрную кислоту. Въ ячейкѣ находится мѣдный цилиндръ (K), который опущенъ тутъ въ растворъ мѣднаго купороса. Разновидностью даніелева элемента является элементъ Мейдингера, который очень распространенъ въ Германіи и примѣняется на телеграфныхъ станціяхъ и въ телефонахъ (см. чертежъ, пом. ниже). Въ немъ глиняная ячейка совершенно выключена; но вслѣдствіе болѣе значительнаго удѣльнаго вѣса растворъ мѣднаго купороса e, образующійся въ стекляной трубкѣ h и окружающій въ сосудѣ d мѣдный листъ не смѣшивается съ легкимъ растворомъ горькой соли, который смачиваетъ цинковую пластинку Z.



Элементъ Даніеля. T-глиняный сосудъ Z-цинковый цилиндръ, K-мѣдный цилиндръ. См. текстъ на этой стр.

Въ элементъ Грове входятъ цинкъ и платина. Платина погружена въ концентрированную азотную кислоту, налитую въ глиняную ячейку. Бунзенъ замѣнилъ дорогостоющую платину сжатымъ прокаленнымъ углемъ, какой употребляется въ дуговыхъ лампахъ. Такая бунзеновская баттарея дѣйствуетъ очень сильно и потому ею пользуются, главнымъ образомъ, тогда, когда желаютъ получить очень сильные токи (см. рисунокъ на стр. 321).

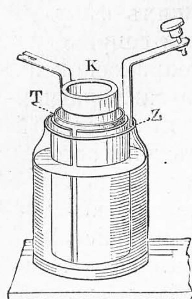
Оба послѣднихъ элемента причиняютъ большое неудобство тѣмъ, что образуютъ, какъ продуктъ разложенія, ядовитую азотноватую кислоту, разъѣдающую къ тому же желѣзо. Въ поискахъ за жидкостью, которая выдѣляла бы менѣе вредные продукты разложенія, Бунзенъ пришелъ къ элементу съ хромовой кислотой; остальными составными частями этого элемента попрежнему остаются цинкъ и уголь (см. чертежъ на стр. 322).



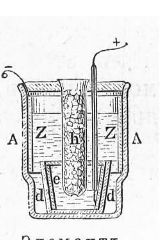
Элементъ Мейдингера. A стеклянный сосудъ, Z цинковая пластинка, d стаканъ, c листовая мѣдь, h открытая снизу трубка съ мѣднымъ купоросомъ. См. текстъ выше.

Мы говорили, что эти гальваническіе элементы обладаютъ неодинаковой силой. Если мы измѣримъ эту силу, исходя изъ вызываемыхъ ею явленій напряженія въ вольтахъ, то окажется, что одинъ элементъ Даніэля производитъ напряженіе въ 1,1 вольта, а элементъ Бунзена — въ 1,9 вольта. При послѣдовательномъ соединеніи элементовъ, съ включеніемъ новаго элемента, его напряженіе прибавляется къ прежнему, и потому напряженіе трехъ элементовъ Бунзена выразится $1{,}9 \times 3$ вольтами а напряженіе элемента Даніеля $1{,}1 \times 3$ вольтами. Какъ малы эти напряженія по сравненію съ тѣми, которыя можно получить при помощи электрической машины, которая даетъ безъ труда нарапряженія въ сотни тысячъ разъ большія.

Съ увеличеніемъ дѣйствующихъ поверхностей напряженіе элемента не возрастаетъ. Рѣшительно все равно, какой величины элементъ ни построить; напряженіе отъ этого не перемѣнится. И если мы соединимъ элементы параллельно (см. чертежъ 1 на стр. 323), а не послѣдовательно (см. чертежъ 4 на стр. 323), то есть если у насъ соединены будутъ между собой не цинки съ мѣдью, а всѣ цинки и всѣ мѣдныя пластинки баттареи, какъ на чертежахъ 2 и 3, (см. стр. 323), то сколько бы мы элементовъ ни включили, общее напряженіе останется по прежнему напряженіемъ одного элемента. Различное соединеніе элементовъ можетъ вызвать про-

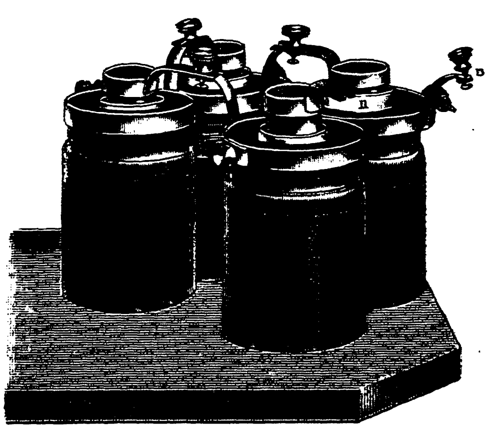


Элементъ Даніеля T-глиняный сосудъ Z-цинковый цилиндръ, K-мѣдный цилиндръ. См. текстъ на этой стр.



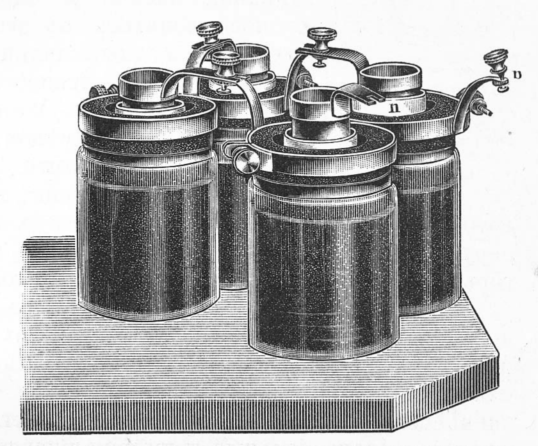
Элементъ Мейдингера. A стекляный сосудъ, Z цинковая пластинка, d стаканъ, o листовая мѣдь, h открытая снизу трубка съ мѣднымъ купоросомъ. См. текстъ выше.

явленіе ихъ силы. Если въ какомъ-нибудь случаѣ намъ извѣстно, что элементъ обладаетъ такимъ то напряженіемъ, то это напряженіе обусловливаетъ не одни только электрическія силы внутри самой баттареи; оно проявится еще и въ другихъ дѣйствіяхъ. Мы наблюдаемъ эти дѣйствія въ томъ случаѣ, когда мы откроемъ путь тѣмъ электричествамъ, которыя накопляются на обоихъ полюсахъ баттареи, подобно тѣмъ зарядамъ, которые получаются на кондукторахъ электрической машины съ треніемъ; при этомъ то и получается тотъ гальваническій токъ, который имѣетъ для насъ особый интересъ. У насъ получается совершенно то же явленіе, какое можно воспроизвести, соединивъ между собой проводникомъ положительный и отрицательный кондукторы электрической машины. При такомъ соединеніи, напряженія въ обоихъ концахъ въ каждое мгновеніе уравниваются, но зато въ баттареѣ тотчасъ же образуются новыя точно такія же количества электричества. Вслѣдствіе этого токъ течетъ непрерывно, какъ по проводнику между обоими кондукторами, пока поддерживается движеніе машины. Поэтому всѣ явленія гальваническаго тока, которыя мы теперь будемъ наблюдать, могутъ быть получены съ помощью тока, взятаго отъ электрической машины; они будутъ отличаться отъ первыхъ только количественно.



Батарея Бунзена изъ четырехъ элементовъ. См. текстъ, стр. 320.

Сила тока измѣряется совокупностью его дѣйствій. Если мы обратимся къ той аналогіи, отъ которой токъ позаимствовалъ свое названіе, и сравнимъ электрическій токъ съ текущей водой, то числу вольтъ напряженія его соотвѣтствуетъ здѣсь давленіе, производимое движеніемъ потока на единицу поверхности. Мы можемъ даже построить для тока воды своего рода „вольтметръ“, напримѣръ, такъ: вставимъ металлическую пружину въ трубу, одинъ конецъ которой закрытъ наглухо, а другой снабженъ крышкой, прикрѣпленной къ спирали; поставимъ теперь эту трубу противъ теченія воды, которая вдавитъ подвижную крышку внутрь трубы; величина этого дѣйствія и укажетъ на существующее тутъ „напряженіе“. Оно одинаково во всѣхъ мѣстахъ потока, разливается ли онъ широко или течетъ по узкому руслу. Но о полной работоспособности потока мы получаемъ при помощи этого измѣрителя лишь самое приблизительное понятіе. Для этого надо знать еще сѣченіе тока; впрочемъ, и этого мало, такъ какъ медленно текущій, широкій потокъ можетъ въ итогѣ обладать меньшей силой, чѣмъ потокъ быстро текущій, хотя бы и съ меньшимъ содержаніемъ воды. Но разница въ напряженіи даетъ паденіе воды, а потому мы вправѣ были говорить о паденіи потенціала. Кромѣ всего этого, сопоставленіе съ водянымъ потокомъ приводитъ насъ къ новой единицѣ силы электрическаго тока, которая называется амперомъ. О размѣрахъ этой единицы и вольта, о выраженіи ихъ по нашей абсолютной системѣ сантиметръ—граммъ—секунда, а также о практическихъ пріемахъ изъ измѣреній, мы говорить будемъ лишь потомъ, когда мы познакомимся съ тѣми дѣйствіями гальваническаго тока, по которымъ онъ измѣряется. О полномъ дѣйствіи тока можно судить только тогда, когда извѣстна мѣра его и въ вольтахъ, и въ амперахъ. Работу электричества, производимую токомъ силой въ 1 амперъ и напряженіемъ въ 1 вольтъ въ теченіи 1 секунды, мы называемъ 1 уаттомъ. Такъ какъ эта величина вполнѣ выражаетъ работоспособность гальваническаго тока, то кромѣ опредѣленія этой работы въ 1 уаттъ черезъ вольтъ и амперъ, можно вычислить ее еще въ лошадиныхъ силахъ. Оказывается, что теоретически лошадиная сила равна 736 уаттамъ. Обыкновенная электрическая лампа требуетъ тока приблизительно въ 500 уаттъ.



Батарея Бунзена изъ четырехъ элементовъ.
См. текстъ, стр. 320.

Итакъ, стало быть, для поддержанія такого свѣта по теоретическому разсчету, то есть не принимая во вниманіе въ дѣйствительности неизбѣжной потери силы, намъ нужна машина приблизительно въ $\frac{3}{4}$ лошадиной силы. Силой водяного потока можно воспользоваться во многихъ случаяхъ, придавая ея дѣйствіямъ ту или другую форму, иногда намъ важно имѣть возможность перевозить по нимъ большія тяжести, въ другихъ случаяхъ мы желаемъ получить возможно бóльшую силу, чтобы воздѣйствовать на сравнительно небольшую массу. Суживая потокъ, мы тѣмъ самымъ заставляемъ его течь быстрѣе: русло уменьшается, и на меньшей, чѣмъ прежде, поверхности получается гораздо большая сила. Если, перейдя теперь къ терминамъ гальваническаго тока, мы уменьшаемъ число амперовъ, то въ зависимости отъ этого возрастаетъ напряженіе въ вольтахъ. Наоборотъ, при уменьшеніи напряженія, сила тока возрастаетъ.


Элементъ съ хромовой, цинковой и угольной пластинками. См. текстъ, стр. 320.

Но при такихъ перемѣнахъ величина производимой работы всегда нѣсколько колеблется. При суженіи русла, треніе протекающей по нему воды возрастаетъ; это сопротивленіе поглощаетъ часть работоспособности. Точно такое же явленіе наблюдается и въ гальваническомъ токѣ. Законы, управляющіе силой тока въ зависимости отъ его напряженія и сопротивленія, болѣе подробно впервые были изслѣдованы Омомъ. Онъ нашелъ, что сила тока всегда равняется частному отъ дѣленія его напряженія, называемаго также электродвижущей силой, на сопротивленіе. Это соотношеніе называется закономъ Ома.

Сопротивленіе, оказываемое проводникомъ току въ 1 вольтъ и 1 амперъ, называется 1 омомъ. Сопротивленіе проводника по отношенію къ электрическому току, подобно сопротивленію водяного потока, прямо пропорціонально его длинѣ и обратно пропорціонально площади его сѣченія; сверхъ того, оно зависитъ отъ матеріала проводника, подобно тому какъ скорость движенія жидкости зависитъ отъ большей или меньшей шероховатости русла. Длинный проводникъ ослабляетъ токъ, уменьшаетъ его силу и тонкая проволока; а кромѣ того, какъ мы уже знаемъ, есть болѣе или менѣе дурные и хорошіе проводники. Электропроводность, то есть величина обратная сопротивленію (въ омахъ), выражается для слѣдующихъ веществъ такими числами: серебро 59, мѣдь 55, платина 6,5 висмутъ 0,8. Электропроводность имѣетъ приблизительно ту же величину, что и теплопроводность тѣхъ же веществъ. Часто представляется важнымъ урегулировать сопротивленіе. Этому назначенію удовлетворяютъ такъ называемые реостаты (см. рисунокъ на стр. 324), инструменты, при помощи которыхъ, вставляя только штепселя, мы сразу можемъ ввести въ цѣпь большее или меньшее сопротивленіе въ омахъ; достигается это различными путями, проще же всего мы получаемъ это увеличеніе сопротивленія удлиненіемъ проводника, для чего включаютъ, по мѣрѣ надобности, катушки съ обмотками 1 — 4.

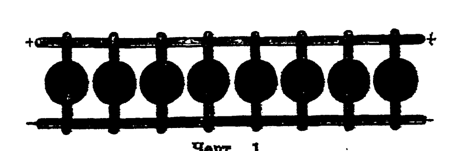
Зная законъ Ома, мы можемъ предпринять преобразованія гальваническаго тока, которыя намъ нужны для разныхъ практическихъ примѣненій. Этотъ законъ показываетъ вамъ, что при одной и той же работоспособности тока, то есть при данномъ числѣ уаттовъ, при уменьшеніи сѣченія имѣющагося у насъ проводника, проволоки, вдвое, напряженіе тока удваивается, напротивъ того, сила тока, число амперовъ, пробѣгающихъ по проволокѣ, вдвое уменьшается. Въ то же время сила тока уменьшится въ отношеніи 55 къ 6,5, если мы замѣнимъ мѣдную проволоку платиновой. Наибольшую силу токъ пріобрѣтаетъ при данной работоспособности въ томъ случаѣ, когда мы беремъ серебряную проволоку наибольшей толщины; какъ проводникъ, мѣдь мало чѣмъ уступаетъ дорогому серебру.

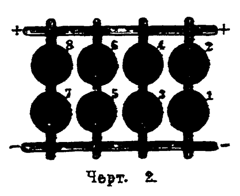
Электролиты въ гальваническихъ баттареяхъ представляютъ, разумѣется, сопротивленія току; при этомъ сопротивленіе ихъ значительно больше сопротивленія

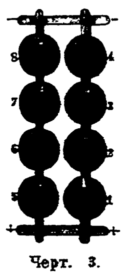
проводниковъ. Если увеличить дѣйствующую поверхность пластинокъ, соединяя элементы не послѣдовательно, а параллельно (см. рис. ниже), то сопротивленіе баттареи, уменьшится, тогда какъ напряженіе ея не измѣнится; измѣнится также сила тока, увеличится число амперовъ. Этотъ фактъ даетъ намъ отвѣтъ на поставленный нами на стр. 320 вопросъ: тогда мы не знали, куда дѣваются силы, соотвѣтствующія нѣсколькимъ вольтамъ, которыя при параллельномъ соединеніи элементовъ исчезаютъ. При какой комбинаціи элементовъ получатся наилучшіе для данной цѣли результаты, зависитъ каждый разъ отъ соотношенія сопротивленій въ баттареѣ и внѣ ея.

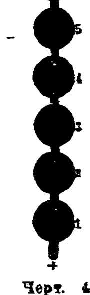
При развѣтвленіи электрическаго тока, мы видимъ точно такія же явленія, какія наблюдаются въ системѣ водопроводныхъ трубъ. Въ замкнутую цѣпь мы можемъ ввести вторую цѣпь. Если сопротивленіе этой новой цѣпи ничѣмъ не отличается отъ сопротивленія первой, то токъ и по развѣтвленіи будетъ продолжать течь съ одинаковой силой. Въ такую вѣтвь мы можемъ ввести, въ цѣляхъ полученія тока, по свойствамъ своимъ отличающагося отъ тока въ главной цѣпи, произвольныя сопротивленія и главный токъ, если не считать болѣе значительной, чѣмъ прежде, затраты энергіи, не претерпѣваетъ при этомъ никакихъ измѣненій.

Включенныя въ боковую вѣтвь сопротивленія дѣйствуютъ, какъ запруда, которая, задерживая боковой по-


Черт. 1.


Черт. 2.

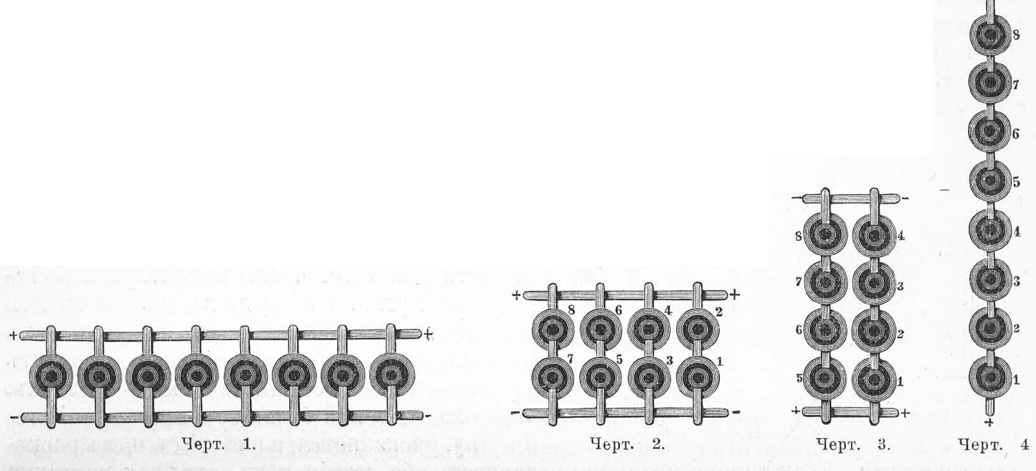

Черт. 3.


Черт. 4

Черт. 1. Элементы, соединенные параллельно. Сила тока увеличивается въ 8 разъ; напряженіе не измѣняется. Черт. 2. Четыре пары элементовъ, соединенныхъ параллельно; въ каждой парѣ соединеніе послѣдовательное. Сила тока удваивается, напряженіе возрастаетъ въ четыре раза. Черт. 3. Двѣ группы по четыре элемента, соединенныя параллельно; въ каждой группѣ элементы соединены послѣдовательно. Сила тока возрастаетъ въ четыре раза, напряженіе удваивается. Черт. 4. Всѣ элементы соединены послѣдовательно. Сила тока не измѣняется, напряженіе возрастаетъ въ 8 разъ. См. текстъ ниже.

токъ, сохраняетъ часть его силы для главнаго теченія. Такъ, напримѣръ, на практикѣ часто приходится питать одной и той же машиной и лампочки накаливанія и дуговыя лампы. Первыя обыкновенно требуютъ напряженія въ 110 вольтъ, для вторыхъ достаточно всего 55 вольтъ. Вслѣдствіе этого, дуговыя лампы мы вводимъ въ боковую вѣтвь, включивъ въ нее также соотвѣтственной величины сопротивленія. На чертежѣ, помѣщенномъ на стр. 325, показано распредѣленіе этихъ источниковъ электрическаго свѣта въ цѣпи.

Отведемъ отъ водопроводной трубы двѣ вѣтви и потомъ снова соединимъ ихъ: оказывается, что можно соединить эти обѣ вѣтви такъ, что, при одинаковомъ въ нихъ давленіи, вода въ соединительной трубѣ не будетъ передвигаться ни въ одну, ни въ другую сторону (см. рисунокъ на стр. 325). Вода на этомъ „мостикѣ“ не движется. Если же давленіе въ одной изъ вѣтвей превыситъ давленіе, имѣющееся въ другой, то вода потечетъ и черезъ „мостикъ“, что можно обнаружить при помощи небольшого колеса съ лопастями, которое въ этомъ случаѣ придетъ въ движеніе. Отъ этихъ соображеній уже можно было перейти и къ построенію одного очень тонкаго измѣрительнаго прибора, служащаго для опредѣленія электрическихъ сопротивленій. Мы говоримъ о такъ называемомъ **Витстоновомъ мостикѣ**. Къ этому прибору присоединяютъ другой приборъ, **гальванометръ**, примѣненіе котораго въ данномъ случаѣ сводится къ тому, чтобы показывать, что по мостику токъ не идетъ. Устройство Витстонова мостика мы опишемъ немного позже. Въ одну изъ вѣтвей его вводится реостатъ, въ другую изслѣдуемое нами сопротивленіе. Если увеличеніемъ сопротивленія въ реостатѣ мы



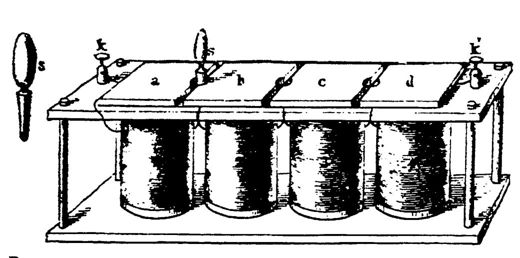
Черт. 1. Элементы, соединенные параллельно. Сила тока увеличивается въ 8 разъ; напряженіе не измѣняется. Черт. 2. Четыре пары элементовъ, соединенныхъ параллельно; въ каждой парѣ соединеніе послѣдовательное. Сила тока удваивается, напряженіе возрастаетъ въ четыре раза. Черт. 3. Двѣ группы по четыре элемента, соединенныя параллельно; въ каждой группѣ элементы соединены послѣдовательно. Сила тока возрастаетъ въ четыре раза, напряженіе удваивается. Черт. 4. Всѣ элементы соединены послѣдовательно. Сила тока не измѣняется, напряженіе возрастаетъ въ 8 разъ.

См. текстъ ниже.

добьемся того, что токъ въ мостикѣ прекратится, то общее сопротивленіе реостата и представитъ собой искомое сопротивленіе.

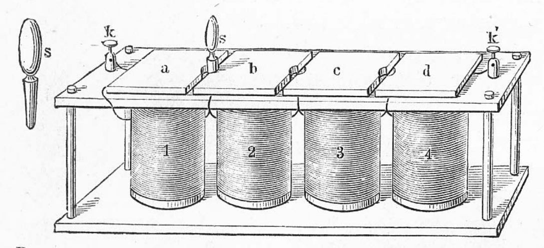
Если чрезмѣрно сузить русло потока, то подъ конецъ оно не будетъ въ состояніи вмѣстить въ себя всю притекающую воду, и часть ея выступитъ и не будетъ уже принадлежать общему потоку; она уходитъ изъ русла, и въ силу этого мощность потока уменьшается. То же самое наблюдается и по отношенію къ гальваническому току. Если токъ извѣстной силы будетъ проходить по цѣпи, составленной въ перемежку изъ платиновыхъ и серебряныхъ звеньевъ, то мы увидимъ, что платиновыя проволоки раскалятся, серебряныя же нѣтъ. Мы знаемъ, что платина оказываетъ теченію гальваническаго тока сравнительно болѣе сильное сопротивленіе. При данныхъ условіяхъ платина не въ состояніи уже вмѣстить всего тока, который стремится по ней пройти; поэтому часть тока превращается въ теплоту и, будучи израсходована такимъ образомъ, для общей силы тока пропадаетъ.

На этомъ свойствѣ гальваническаго тока основывается открытіе **электрическаго свѣта**. Въ **лампочкахъ накаливанія**, въ такъ называемой **грушѣ**, находится тонкая угольная нить; она обладаетъ бо́льшимъ сопротивленіемъ, чѣмъ ведущіе къ ней провода, а потому при прохожденіи тока раскаляется. Воздухъ изъ груши выкачанъ; дѣлается это для того, чтобы предотвратить сгараніе угля. Въ **дуговыхъ лампахъ** токъ проходитъ черезъ два угольныхъ стержня. Сначала угли приводятъ почти въ соприкосновеніе; воздухъ, оказывающій большое сопротивленіе току, раскаляется, а вмѣстѣ съ нимъ раскаляются и угли. Если теперь медленно раздвигать оба острія, токъ, отрывая частички раскаленнаго угля отъ одного острія и перенося ихъ на другое, устанавливаетъ такимъ образомъ между обоими связь, служащую какъ бы проводникомъ. Эти то, сильно раскаленныя, перелетающія съ одного угля на другой частички, принимающія подъ вліяніемъ подымающагося вверхъ нагрѣтаго воздуха видъ изогнутой кверху дуги даютъ намъ такъ называемую **вольтову дугу** (см. рисунокъ на стр. 326). Въ углѣ, соединенномъ съ положительнымъ полюсомъ батареи, мало-по-малу образуется впадина; уносящіяся отсюда частички перелетаютъ на отрицательный полюсъ и тутъ образуютъ остріе. Огромной температурой вольтовой дуги, достигающей нѣсколькихъ тысячъ градусовъ пользуются для обращенія въ парообразное состояніе тѣхъ веществъ, съ которыми не въ состояніи совладать ни одинъ другой источникъ тепла. Обыкновенно кладутъ только пробы такихъ веществъ: ихъ помѣщаютъ въ кратерѣ положительнаго полюса. Тамъ онѣ тотчасъ же улетучиваются, окрашивая такъ или иначе вольтову дугу, которую теперь и можно изслѣдовать спектроскопически. Только такимъ путемъ и удается наблюдать спектры большинства металловъ.



Реостатъ съ штепселями по Сименсу, abcd сопротивленія; s штепсель; 1—4 катушки сопротивленій. См. текстъ, стр. 322.

Переходя къ практическимъ задачамъ, къ освѣщенію, мы тотчасъ же замѣчаемъ, что это неизбѣжное образованіе теплоты невыгодно. Уже въ главѣ о свѣтѣ (см. стр. 274) мы указали, что наиболѣе холодный свѣтъ будетъ въ то же время и наиболѣе экономнымъ. Понимать это слѣдуетъ въ томъ смыслѣ, что излученіе такой выдѣляющей свѣтъ матеріи должно достигнуть тѣхъ высокихъ формъ, при которыхъ оно будетъ, по возможности, оставаться въ предѣлахъ колебаній ощущаемыхъ нами какъ свѣтовыя, и содержать тепловыя колебанія лишь въ незначительной степени. Поэтому говоря о такомъ „холодномъ“ свѣтѣ мы можемъ еще прибавить, что это свѣтъ „сверхъ-горячій“. Новая лампа, названная по имени изобрѣтателя ея, **лампой Нернста**, основана на выставленномъ нами принципѣ и представляетъ большой шагъ впередъ въ современной техникѣ освѣщенія. Въ лампочкахъ накаливанія и въ дуговыхъ лампахъ до сихъ поръ въ

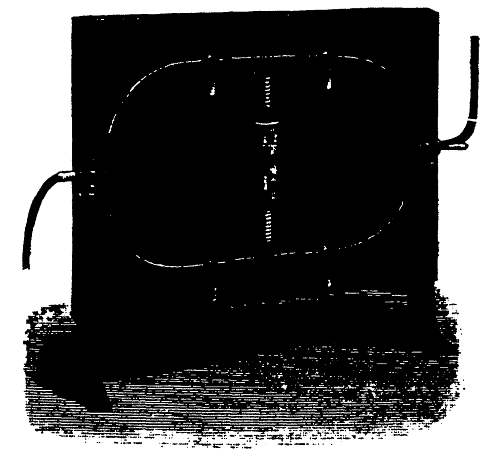


Реостатъ съ штепселями по Сименсу, abcd сопротивленія; s штепсель; 1—4 катушки сопротивленій. См. текстъ, стр. 322.

качествѣ накаливающагося вещества примѣнялся уголь; у Нернста вмѣсто угля взята окись магнія, который переноситъ еще болѣе высокія температуры, чѣмъ уголь, не обращаясь въ паръ и не претерпѣвая никакихъ другихъ измѣненій формы. Сопротивленіе этого вещества еще больше, нежели сопротивленіе угля, а потому переходъ электричества въ теплоту тутъ долженъ происходить, какъ мы знаемъ, еще съ большей легкостью. При обычныхъ температурахъ окись магнія вовсе не проводитъ электрическаго тока; такъ что при пользованіи лампой Нернста мы наталкиваемся на извѣстныя техническія затрудненія, которыя однако легко устраняются. Съ этой цѣлью, прежде чѣмъ начать пользоваться веществомъ, примѣняемымъ въ лампѣ Нернста, мы его нагрѣваемъ. Можно было бы зажечь лампу Нернста прямо спичкой, но электрическій токъ позволяетъ производить это нагрѣваніе автоматически. Имѣющаяся у насъ схема (стр. 327) показываетъ, какъ устроена лампа Нернста. Она какъ обыкновенная лампочка накаливанія, ввинчивается въ гнѣздо и вводится такимъ образомъ въ цѣпь. Въ A токъ входитъ; въ B токъ развѣтвляется; GH представляетъ изъ себя вещество Нернста; при обыкновенной температурѣ токъ черезъ него пройти не можетъ и направляется по нагрѣвателю CD; который состоитъ изъ тонкой платиновой проволоки, намотанной на фарфоровую катушку. При прохожденіи тока эта проволока раскаляется, нагрѣваетъ препаратъ Нернста, и тотъ вскорѣ начинаетъ свѣтиться. Сперва токъ отъ D направлялся къ контакту E, а оттуда по винту F выходилъ изъ лампы прочь. Но какъ только токъ нагрѣетъ само свѣтящееся вещество и пройдетъ по нему, онъ тотчасъ же возбудитъ электромагнитъ M, который прерветъ контактъ въ E, и такимъ образомъ больше черезъ CD токъ уже итти не можетъ. Между замыканіемъ тока и началомъ свѣченія лампы проходитъ всего нѣсколько секундъ. Свѣтъ лампы Нернста отличается необыкновенной бѣлизной, представляющей собой нѣчто среднее между желтоватымъ свѣтомъ нашихъ лампочекъ накаливанія и синеватымъ дуговыхъ лампъ. Дуговая лампа потребляетъ 3 уатта на каждую нормальную свѣчу, даваемаго ею освѣщенія, лампа Нернста расходуетъ лишь половину, то есть вдвое дешевле первой.

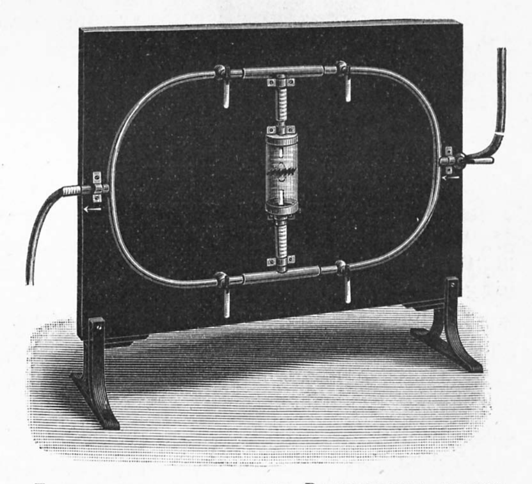
Сопротивленіе. Дуговыя лампы.
соединенныя послѣдовательно.
Источникъ 110 V. тока.
Лампочки накаливанія.
соединенныя параллельно.

Схема расположенія проводовъ электрическаго освѣщенія. См. текстъ, стр. 323.



Гидравлическая модель Витстенова мостика. По Шписсъ-Эрнеке. См. текстъ, стр. 323.

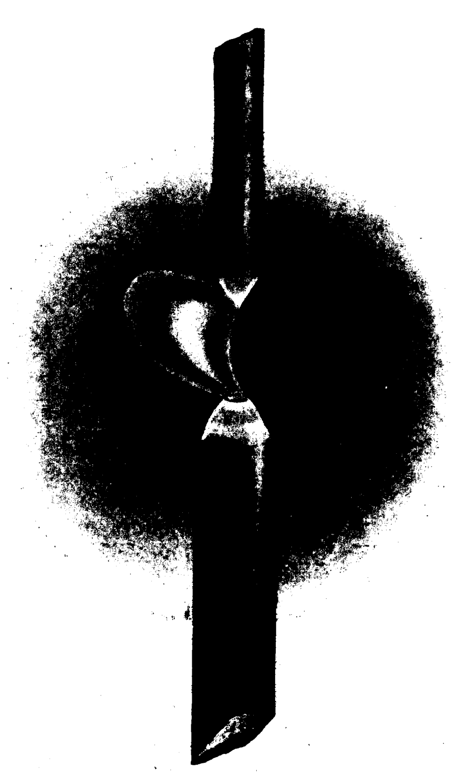
Въ послѣднее время, съ тѣхъ поръ, какъ стали получать токи достаточной силы, превращеніемъ электричества въ теплоту успѣшно пользуются для свариванія металловъ. Сильный токъ проводятъ въ чанъ съ водой, гдѣ находится желѣзная полоса, соединенная съ другимъ проводникомъ; спустя нѣсколько мгновеній эта полоса начинаетъ раскаляться и можетъ быть сварена съ другой точно такъ же нагрѣтой полосой. Несмотря на то, что теплота, доставляемая электрическимъ токомъ, обходится, вообще говоря, во много разъ дороже теплоты, выдѣляемой сгарающимъ топливомъ, свариваніе по описанному нами



Гидравлическая модель Витстонова мостика. По Шписсъ-Эрнеке. См. текстъ, стр. 323.

способу представляетъ извѣстную выгоду: въ самомъ дѣлѣ, для того, чтобы раскалить кусокъ желѣза необходимо разжечь цѣлую печь, при процессѣ же электрической сварки выдѣленіе тепла, къ нашей выгодѣ, происходитъ лишь на ограниченномъ участкѣ; электрическимъ токомъ пользуются также для **нагрѣванія печей и варки**, но послѣ того, что сказано, объ этомъ достаточно только упомянуть.

Наконецъ, укажемъ еще на одно примѣненіе тепла, выдѣляемаго электрическимъ токомъ: выдѣленіемъ тепла пользуются для того, чтобы защитить себя отъ вреда, который оно легко могло бы причинить. Если въ какой-нибудь цѣпи, питающей лампочки накаливанія, токъ слишкомъ силенъ, тонкія угольныя волоконца не въ состояніи его выдержать и разрушаются. Но такъ какъ при пользованіи дающими токъ машинами, съ которыми мы познакомимся позже, сила тока подвержена колебаніямъ, то въ главную вѣтвь проводовъ включаютъ такъ называемые **свинцовые предохранители**, которые при чрезмѣрномъ возрастаніи силы тока расплавляются и прерываютъ токъ прежде, чѣмъ онъ успѣетъ пережечь лампочки.

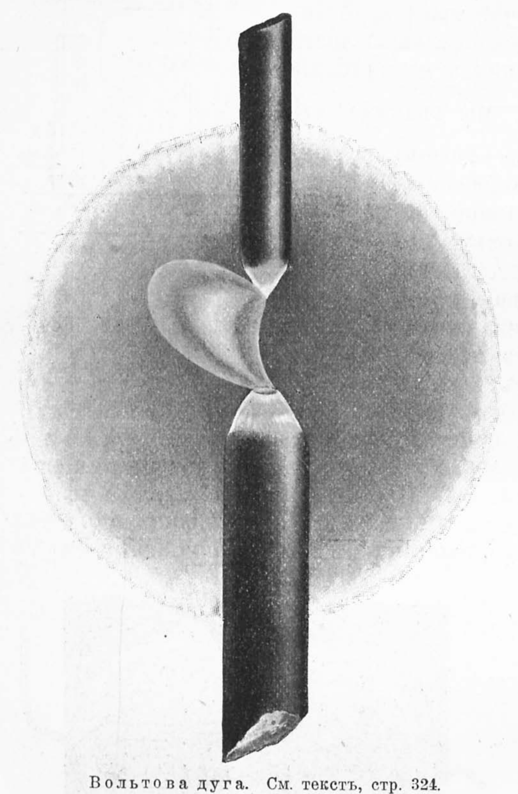


Вольтова дуга. См. текстъ, стр. 324.

Микрофонъ (см. рис. на стр. 327), который употребляется въ соединеніи съ телефономъ t, для усиленія его дѣйствія, представляетъ изъ себя, по крайней мѣрѣ, въ первоначальной своей формѣ очень простой инструментъ: дѣйствіе его основывается на измѣненіи сопротивленія, встрѣчаемаго токомъ, идущимъ изъ батареи c, при прохожденіи черезъ угольный стержень b, помѣщенный между двумя угольными пластинками aa. Легкія сотрясенія, испытываемыя этимъ угольнымъ стержнемъ, подъ вліяніемъ звуковыхъ волнъ, подвергаютъ его контактъ съ пластинками ритмическимъ измѣненіямъ, благодаря чему измѣняется и сила тока. На эти же колебанія силы тока, идущія параллельно звуковымъ волнамъ, отвѣчаетъ телефонъ (см. дальше).

Прежде чѣмъ перейти къ изученію болѣе спеціальныхъ свойствъ гальваническаго тока, разсмотримъ въ свѣтѣ новыхъ добытыхъ нами фактовъ еще разъ статическое электричество, которое, какъ мы утверждали, въ сущности ничѣмъ не отличается отъ текучаго электричества, несмотря на всю видимую разницу въ ихъ проявленіяхъ.

Мы видѣли, что при помощи электростатическихъ машинъ можно безъ труда получать напряженія въ сотни тысячъ вольтъ. Тѣмъ не менѣе, имѣя въ своемъ распоряженіи такую машину, мы все-таки не могли бы питать даже обыкновенной лампочки накаливанія, которая требуетъ напряженія всего въ 110 вольтъ. Техникъ объяснитъ этотъ фактъ просто: онъ скажетъ, что току этой электрической машины не хватаетъ амперовъ. Но почему же не хватаетъ? Почему бы намъ не превратить лишніе вольты въ амперы? Мы сейчасъ разберемся во всемъ этомъ на числовомъ примѣрѣ. Мы знаемъ, что число уаттовъ, затрачиваемыхъ нами для выполненія какого-либо дѣйствія электричествомъ, получается путемъ умноженія



Вольтова дуга. См. текстъ, стр. 324.

соотвѣтствующаго данному току числа вольтъ на число его амперъ; затѣмъ уатты можно уже перевести въ лошадиныя силы. По практическимъ соображеніямъ, нельзя строить электрическихъ машинъ произвольной величины: машина, которую приводитъ въ движеніе одна десятая лошадиной силы, даетъ напряженіе уже чуть не въ 200,000 вольтъ. Но увеличить силу, которая приводитъ машину во вращеніе, однимъ превращеніемъ ея въ электричество нельзя. Такимъ образомъ въ нашемъ случаѣ у насъ будетъ 73,6 уаттъ = 200,000 вольтъ × х амперъ: отсюда мы видимъ, что сила тока, какъ показываетъ вычисленіе, въ лучшемъ случаѣ можетъ достигнуть 1/2720 ампера; замѣтимъ, что при этомъ большая часть работы переходитъ въ теплоту. Но лампочка накаливанія требуетъ тока приблизительно $\frac{1}{2}$ ампера. Мы видимъ, что у насъ получаются необычайно слабые токи. Скажемъ больше: до тѣхъ поръ, пока указанныя нами напряженія дѣйствительно существуютъ, электричество, собственно говоря, даже не течетъ, — оно собирается въ кондукторахъ какъ закрытыхъ со всѣхъ сторонъ резервуарахъ. Говорить о токѣ можно лишь потому, что электричество непрерывно уходитъ въ воздухъ; настоящее теченіе электричества начинается лишь съ того момента, какъ мы соединимъ оба заряженныхъ разными электричествами кондуктора проводникомъ. Съ этой минуты такія напряженія, о которыхъ мы говорили, или совсѣмъ прекращаются, или значительно ослабѣваютъ, даже если машина будетъ дальше работать. На нашемъ проводѣ можно наблюдать тогда явленія, свойственныя слабымъ гальваническимъ токамъ.

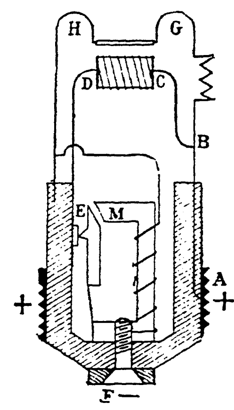
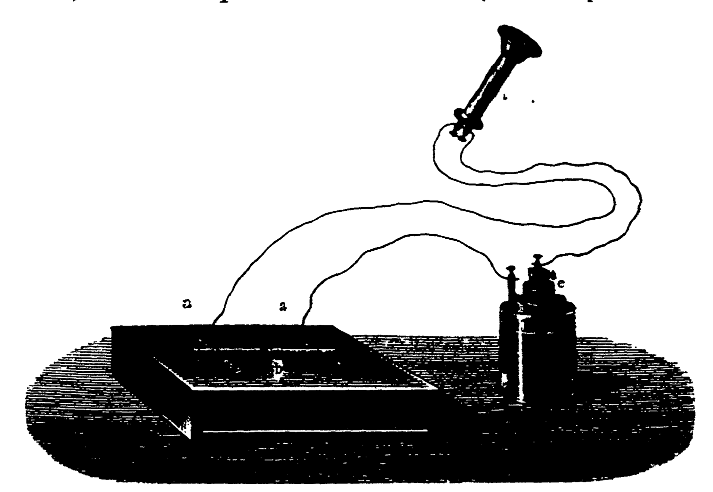


Схема устройства лампы Нернста съ электрическимъ нагрѣвателемъ. См. текстъ, стр. 324.

Теперь мы можемъ спросить, почему же гальваническія батареи не даютъ такихъ сильныхъ напряженій, какъ электростатическія машины, несмотря на то, что въ итогѣ онѣ развиваютъ силу, рабочую энергію, куда большую? Почему, электричество, вырабатываемое батареей, не скопляется на концахъ разомкнутой гальванической цѣпи, какъ скопляется оно въ кондукторахъ электростатическихъ машинъ? Происходитъ это такъ потому, что молекулярныя электростатическія машины, реомоторы, приходящіе въ дѣйствіе при соприкосновеніи металловъ съ электролитами, начинаютъ это свое дѣйствіе тотчасъ, какъ только достигнутъ опредѣленнаго имъ свойственнаго напряженія. Сила каждаго такого невидимаго по своей малости дѣйствующаго элемента весьма незначительна; дѣйствіе ихъ тормозится напряженіемъ обратнаго характера; такое торможеніе мы вскорѣ замѣчаемъ и при вращеніи колесъ электростатическихъ машинъ: для этого достаточно чтобы производимое такой машиной напряженіе достигло извѣстной величины. Стало быть, и тутъ мы должны принять во вниманіе извѣстное противодѣйствіе,



Принципъ микрофона. a Угольныя пластинки. b Угольный стержень. См. текстъ, стр 326.

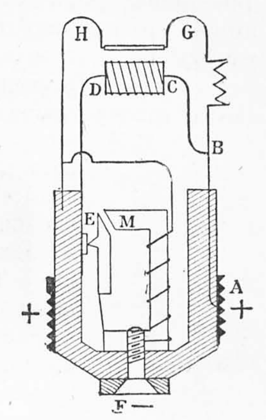
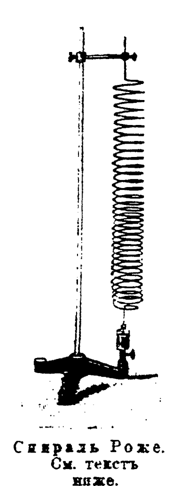


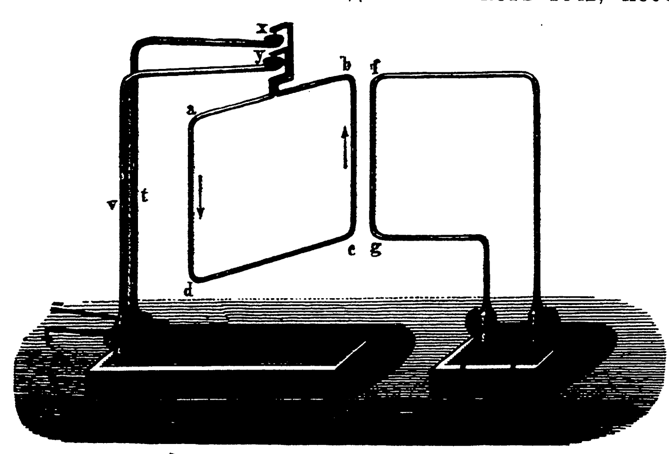
Схема устройства лампы Нернста съ электрическимъ нагрѣвателемъ. См. текстъ, стр. 324.

Принципъ микрофона. a Угольныя пластинки. b Угольный стержень. См. текстъ, стр 326.

по достиженіи котораго имѣющейся у насъ въ распоряженіи силы уже не достаточно для сообщенія машинѣ болѣе быстрыхъ движеній. Какъ только это противодѣйствіе достигнетъ извѣстной величины, напряженіе будетъ оставаться дальше на одной и той же высотѣ, какъ на концахъ разомкнутой гальванической цѣпи. Но стоитъ открыть току путь, и наши большія и молекулярныя машины снова начнутъ свое дѣйствіе, достигая вслѣдъ за тѣмъ нѣкотораго неизмѣннаго максимальнаго напряженія; числомъ такихъ молекулярныхъ машинъ опредѣляется сила тока лишь въ томъ случаѣ, когда всѣ отдѣльные токи введены въ главную цѣпь, по соединеніи ихъ параллельно. Если же мы токъ одной изъ этихъ машинъ будемъ передавать слѣдующей машинѣ, то ясно, что при этомъ онъ будетъ являться сюда уже съ извѣстнымъ напряженіемъ, и потому тутъ можетъ получиться уже двойное напряженіе. Такъ именно работаютъ электрофорныя машины съ нѣсколькими кругами (см. рисунокъ, на стр. 305). При полученіи электричества путемъ тренія мы заставляемъ, при помощи силы дѣйствующей извнѣ, электричества собираться въ кондукторахъ: мы точно нагнетаемъ электричество, какъ мы нагнетаемъ воду въ закрытые со всѣхъ сторонъ резервуары. Но при этомъ вода давитъ на стѣнки резервуара: вода должна вызвать тутъ высокое напряженіе.


Спираль Роже. См. текстъ ниже.

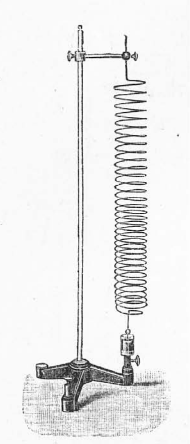
Въ связи съ этимъ стоитъ извѣстное интересное отличіе гальваническаго тока отъ статическаго электричества, которое появляется только на поверхностяхъ проводниковъ; гальваническій же токъ, какъ извѣстно, проходитъ по всей толщѣ проводовъ. Если бъ это было не такъ, нельзя было бы понять, почему въ прововолокахъ сопротивленіе проводника зависитъ отъ площади его сѣченія (стр. 324). Мельчайшія частицы нашихъ гипотетическихъ электрическихъ жидкостей, въ томъ случаѣ когда онѣ одноименны, стремятся оттолкнуться другъ отъ друга. Пока жидкость находится въ покоѣ, результатомъ такого стремленія должно явиться возможно сильное давленіе на стѣнки сосуда. Но какъ только такая жидкость начнетъ течь, необходимость въ такомъ давленіи будетъ устранена: легче всего жидкости теперь распространиться вдоль по направленію тока; она заполняетъ поэтому, насколько это только возможно, весь каналъ провода, вслѣдствіе чего давленіе ея на боковыя стѣнки ослабѣваетъ.



Столикъ Ампера. См. текстъ, стр. 329.

e) Электромагнетизмъ.

Мы знаемъ, что статическому электричеству сопутствуютъ высокія напряженія, которыя и обусловливаютъ извѣстныя намъ притяженія и отталкиванія легкихъ предметовъ, поэтому насъ не удивитъ, что проволоки, по которымъ идетъ гальваническій токъ, такихъ дѣйствій уже не проявляютъ. Напротивъ того, мы замѣчаемъ, что они дѣйствуютъ другъ на друга. Если придать проводу форму спирали, то при прохожденіи тока, такая спираль сжимается. Особенно отчетливо этотъ опытъ получается въ томъ случаѣ, если опустить одинъ конецъ спирали, какъ это сдѣлалъ Роже, въ чашечку со ртутью: при сжатіи спирали, этотъ конецъ изъ ртути выскакиваетъ и цѣпь прерывается (см. рисунокъ выше). При этомъ устраняется причина, вызвавшая сжатіе спирали; спираль



Спираль Роже. См. текстъ ниже.

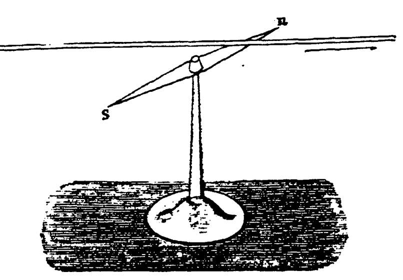
Столикъ Ампера. См. текстъ, стр. 329.

снова погружается въ ртуть, замыкаетъ токъ, снова сжимается и такъ далѣе, такъ что получается непрерывное опусканіе и подыманіе.

Объясненія того, что мы здѣсь видимъ, нельзя искать въ какомъ-нибудь побочномъ дѣйствіи тока, которое не основывалось бы на притяженіи; въ особенности же нельзя считать причиной этихъ явленій тепловое дѣйствіе тока, потому что въ этомъ случаѣ спираль, наоборотъ, удлинилась бы; стало быть, отдѣльные изгибы спирали дѣйствительно притягиваются другъ къ другу.

Еще рельефнѣе эти дѣйствія выступаютъ на такъ называемомъ столикѣ Ампера. Какъ видно изъ рисунка на стр. 328, въ этомъ приборѣ рядомъ помѣщены двѣ проволоки, по которымъ проходятъ токи, одна изъ нихъ можетъ вращаться вокругъ своей оси. Если въ смежныхъ частяхъ обѣихъ цѣпей направленіе токовъ одно и то же, то подвижная проволока притягивается къ неподвижной, если же направленія токовъ неодинаковы, — отталкивается. Такимъ образомъ мы въ первый разъ замѣтили, что не безразлично, въ какомъ направленіи течетъ гальваническій токъ течетъ ли онъ отъ положительнаго полюса къ отрицательному или наоборотъ.

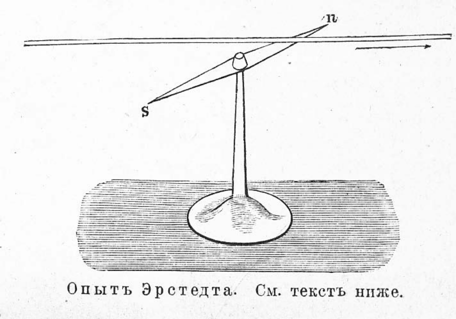
Этотъ фактъ взаимнаго притяженія и отталкиванія гальваническихъ токовъ наводитъ насъ на мысль, что между этими явленіями и сходными съ ними магнитными должно существовать какое-нибудь соотношеніе. Такія соотношенія дѣйствительно существуютъ и тотчасъ же обнаруживаются со всей отчетливостью.



Опытъ Эрстедта. См. текстъ ниже.

Если расположить проволоку по направленію, параллельному магнитному меридіану, помѣстить подъ ней магнитную стрѣлку, которая сама собой устанавливается по параллельному этому меридіану направленію, и пропустить по проволокѣ достаточно сильный токъ, то стрѣлка тотчасъ же установится подъ прямымъ угломъ къ этой проволокѣ, то есть по направленію съ востока на западъ (см. рисунокъ, выше). Въ этомъ случаѣ опять-таки не безразлично, въ какомъ направленіи будетъ идти токъ. Если положительный токъ направляется къ сѣверу, то сѣверный полюсъ магнитной стрѣлки отклонится къ западу и наоборотъ. Величина этого отклоненія зависитъ отъ силы тока. Весьма интересно то обстоятельство, что, при помѣщеніи стрѣлки надъ проволокой, получаются отклоненія обратныя. Эти основные опыты, посвященные выясненію соотношеній между электричествомъ и магнетизмомъ, были впервые произведены Эрстедтомъ (см. портретъ на стр. 330) въ 1820 г. Они легли въ основу всѣхъ блестящихъ техническихъ приложеній силы электричества, которыя, главнымъ образомъ, исходятъ изъ электромагнитныхъ взаимодѣйствій. Какъ много еще скрыто отъ насъ зародышей точно такихъ же величественныхъ открытій, дожидаясь той поры, когда мы ихъ случайно увидимъ! Но чѣмъ меньше смотримъ мы на изслѣдованіе съ точки зрѣнія его практической стоимости, этой точки зрѣнія близорукаго эгоизма, чѣмъ глубже проникаемъ мы въ самую суть природы, тѣмъ болѣе мы застрахованы отъ капризной игры случая.

Отклоненіе магнитной стрѣлки подъ вліяніемъ гальваническаго тока, пробѣгающаго по простой проволокѣ, сравнительно невелико. Каждая новая проволока, по которой будетъ проходить точно такой же токъ, будетъ увеличивать дѣйствіе на стрѣлку первой проволоки. Мы видѣли, что токъ, проходящій подъ стрѣлкой, вызываетъ отклоненіе стрѣлки, обратное тому, которое наблюдается, когда токъ проходитъ надъ ней; протянемъ теперь подъ стрѣлкой систему проволокъ, но такъ, чтобы по нимъ токъ проходилъ по направленію, обратному тому, по которому онъ течетъ по проволокамъ, находящимся надъ стрѣлкой: эта вторая система проволокъ въ силу сказаннаго должна будетъ увеличить отклоняющее дѣйствіе первой. Проще всего получить такую комбинацію проволокъ, соединяя



Опытъ Эрстедта. См. текстъ ниже.

верхнія и нижнія проволоки въ спирали; отклоняющее дѣйствіе тока увеличится, по сравненію съ дѣйствіемъ одной проволоки, во столько разъ, сколько будетъ въ спирали оборотовъ. Поэтому этотъ приборъ носитъ названіе мультипликатора. Если всю обмотку соединить въ одну катушку, то надо, само собой разумѣется, позаботиться о томъ, чтобы двѣ рядомъ лежащихъ проволоки не соприкасались проводящими частями, потому что въ противномъ случаѣ токъ не будетъ циркулировать по спирали. По этой причинѣ проволоку окружаютъ изолирующими веществами; для толстыхъ проволокъ употребляется гуттаперча, для болѣе тонкихъ годится и шелкъ.



Г. Хр. Эрстедтъ. Изъ „19 столѣтія въ картинахъ", Веркмейстера. См. текстъ, стр. 329.

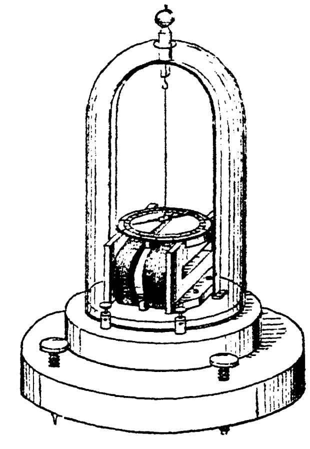
Отклоненіемъ магнитной стрѣлки при помощи такого мультипликатора пользуются для измѣренія силы самого тока и въ то же время для опредѣленія его направленія. Для этого внутри катушки подвѣшиваютъ на тонкой нити магнитную стрѣлку (см. чертежъ стр. 331); къ нити прикрѣпляютъ зеркало, которое при отклоненіяхъ стрѣлки будетъ поворачиваться вмѣстѣ съ нитью. Вращеніе стрѣлки наблюдается затѣмъ по извѣстному намъ методу зеркальнаго отсчета (см. стр. 195). Для того чтобы поставить нашу стрѣлку въ этомъ случаѣ внѣ зависимости отъ дѣйствія земного магнетизма, ее соединяютъ съ другой точно такой же магнитной стрѣлкой, насаживая эту вторую на ту же ось, но только надъ обмоткой мультипликатора и такъ, чтобы соотвѣтственные полюсы ихъ были обращены въ разныя стороны. Эта комбинація магнитныхъ стрѣлокъ носитъ названіе астатической стрѣлки (см. рисунокъ на стр 331) и представляетъ собой необыкновенно точный инструментъ, указывающій присутствіе самыхъ ничтожныхъ количествъ текучаго электричества; имъ пользуются во многихъ случаяхъ; такъ, напримѣръ, онъ примѣняется и въ витстоновомъ мостикѣ (см. стр. 325). Соотвѣтственнымъ образомъ измѣнивъ приборъ, мы получимъ „вольтметръ", который будетъ показывать имѣющееся въ какой-либо цѣпи напряженіе и измѣненія его перемѣщеніями стрѣлки.

Точно такимъ же приборомъ является тангенсъ-гальванометръ, которымъ обыкновенно пользуются для сравненія болѣе сильныхъ токовъ (см. рисунокъ на стр. 332). Въ этомъ приборѣ только нѣсколько оборотовъ, расположенныхъ во-



Г. Хр. Эрстедтъ. Изъ „19 столѣтія въ картинахъ“, Веркмейстера. См. текстъ, стр. 329.

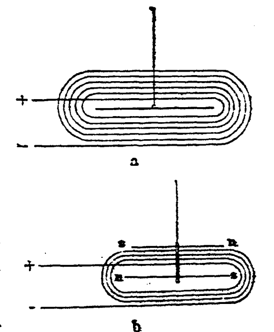
кругъ стрѣлки по кругамъ, сравнительно съ величиной самой стрѣлки, довольно большого радіуса. Можно легко показать, что въ этомъ приборѣ сила тока пропорціональна тангенсу угла отклоненія стрѣлки. Отсюда и само названіе инструмента.



Гальванометръ съ астатической стрѣлкой. См. текстъ, стр. 330.

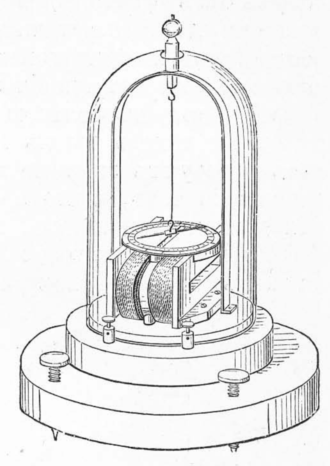
Изъ этихъ дѣйствій тока на магнитную стрѣлку мы заключаемъ, что вокругъ проволоки, по которой течетъ токъ, образуется магнитное поле, которое очевидно, по свойствамъ своимъ отличается отъ поля, которое получается вокругъ магнита. Къ такому магниту магнитная стрѣлка всегда поворачивается либо сѣвернымъ, либо южнымъ полюсомъ; но этого никогда не бываетъ, когда стрѣлку ввести въ поле, получающееся вокругъ проволоки, по которой течетъ гальваническій токъ. Она всегда устанавливается по направленію, перпендикулярному къ этой проволокѣ, но, въ зависимости отъ направленія тока, мѣняетъ положеніе своихъ полюсовъ. Приведемъ теперь для опредѣленія этого направленія стрѣлки простой мнемоническій пріемъ, такъ называемое **правило Ампера** (см. рисунокъ на стр. 333). Если мы помѣстимъ правую руку такъ, чтобы она шла по направленію тока, то есть чтобы всѣ пальцы, кромѣ большого, показывали это направленіе, то вытянутый большой палецъ покажетъ намъ, въ какую сторону отклонится сѣверный полюсъ стрѣлки n.

Такимъ образомъ отъ гальваническаго тока во всѣ стороны распространяются силовыя линіи; **линіи эти распредѣлены не такъ, какъ это должно было бы быть, если бы наша проволока обладала свойствами магнита; мало того, мы можемъ напередъ предсказать, что обѣ такихъ системы силовыхъ линій будутъ пересѣкаться подъ прямыми углами.** Подтверждается это слѣдующимъ простымъ опытомъ. Проткнемъ проволоку сквозь кусокъ картона, такъ чтобы она была къ нему перпендикулярна; затѣмъ осыпемъ картонъ желѣзными опилками и пропустимъ по проволокѣ токъ достаточной силы. При легкомъ встряхиваніи картона, опилки распредѣляются по круговымъ линіямъ, которыя и представляютъ собой силовыя линіи (см. чертежъ на стр. 333).



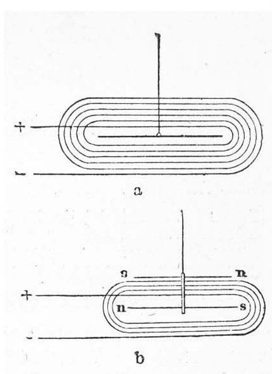
Положеніе магнитной стрѣлки въ мультипликаторѣ гальванометра. a простая стрѣлка, b астатическая стрѣлка. См. текстъ, стр. 330.

Открытіе это имѣетъ большое значеніе въ дѣлѣ выясненія нашихъ взглядовъ на сущность всѣхъ относящихся къ этой области явленій. Располагающіяся кругами частички желѣза указываютъ лишь на сѣченія тѣхъ молекулярныхъ процессовъ, которыми вызвана эта группировка. Движенія эфира, происходящія тутъ, совершаются, очевидно, не по кругамъ, такъ какъ электрическій токъ очень быстро перемѣщается по проволокѣ, а по нѣкоторымъ спиралямъ. Наши круги изъ желѣзныхъ опилокъ только показываютъ сѣченія этихъ спиралей, осью которыхъ служитъ проволока. У насъ получаются тутъ совершенно такія же винтообразныя движенія эѳира, какія, по нашему предположенію, совершаются при распространеніи свѣта, только тамъ эти спирали свѣтового эфира были чрезвычайно малы, и о существованіи ихъ мы могли лишь судить на основаніи побочныхъ указаній (стр. 223). Здѣсь, въ эѳирныхъ потокахъ, которые окружаютъ проводникъ, когда по нему идетъ гальваническій токъ, мы имѣемъ тѣ же волны, но только несравненно большихъ размѣровъ, и уже, на основаніи того небольшого числа данныхъ, которымъ мы располагаемъ въ этомъ направленіи, мы утверждаемъ, что имъ присущи тѣ же свойства, что и свѣту, но только въ иномъ масштабѣ; къ этому выводу лишь послѣ многихъ и многихъ попытокъ удалось прійти геніальному Герцу и путемъ совершенно наглядныхъ экспериментовъ. Наша



Гальванометръ съ астатической стрѣлкой. См. текстъ, стр. 330.

самъ, въ какую сторону от-

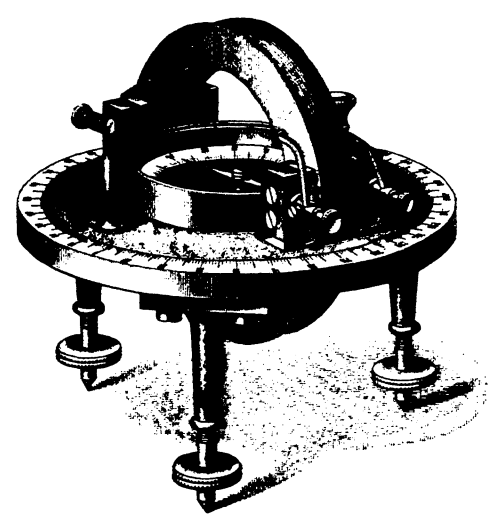


Положенiе магнитной стрѣлки въ мультипликаторѣ гальванометра. a простая стрѣлка, b астатическая стрѣлка. См. текстъ, стр. 330.

точка зрѣнія, значительно расширенная современными воззрѣніями на молекулярныя движенія, заставляетъ насъ признать такое совпаденіе обѣихъ областей несомнѣннымъ фактомъ, и потому сущность электричества для насъ не является чѣмъ-нибудь болѣе таинственнымъ, чѣмъ сущность свѣта или теплоты. Въ особенности же, не удивляемся мы тому, что скорость свѣта, какъ оказалось, равняется скорости распространенія электрическаго тока и что показатель преломленія связанъ извѣстнымъ соотношеніемъ съ электрической проницаемостью.

Уже теперь мы въ правѣ, по меньшей мѣрѣ, предполагать, что собственно токъ образуютъ эѳирные вихри, окружающіе проволоку, по которой идетъ гальваническій токъ, и что проволока служитъ только осью, къ которой токъ, по тѣмъ или другимъ причинамъ, пристаетъ.

Эти новые взгляды позволяютъ намъ соединить мостомъ столь различныя на видъ явленія электричества и магнетизма. Мы воспроизводили магнитные вихри въ эфирѣ, которымъ мы въ свое время приписывали возникновеніе магнитныхъ силовыхъ линій (см. чертежи на стр. 282 и 284), вращающимися водяными колесами, которыя обладали двумя взаимно противоположными движеніями. Ту же модель мы можемъ разсматривать, какъ выраженіе двухъ взаимно противоположныхъ гальваническихъ токовъ. Если мы присоединимъ вихрь, получающійся вокругъ проволоки, по которой проходитъ гальваническій токъ, самъ образующій спираль, къ цѣлому, то у насъ получится такая картина тока, которая совершенно совпадаетъ съ нашимъ представленіемъ о магнитномъ вихрѣ (см. стр. 280).

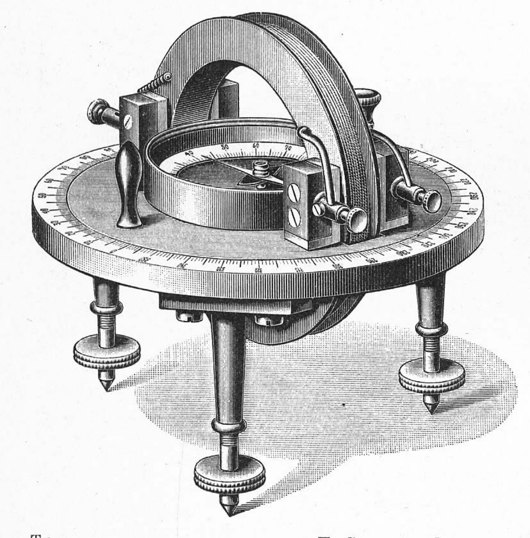


Тангенсъ-гальванометръ. По Сименсу и Гальске. См. текстъ, стр. 331.

Если мы вдвинемъ въ спираль желѣзный сердечникъ, то онъ **намагнитится**; у насъ получится электромагнитъ, который теряетъ свои магнитныя свойства, какъ только токъ перестанетъ идти по спирали. Положеніе его полюсовъ соотвѣтствуетъ направленію гальваническаго тока; при перемѣнѣ направленія тока, тотчасъ же извращаются и полюсы электромагнита. Направленія тока, дающія то или другое распредѣленіе полюсовъ, изображены у насъ на чертежѣ помѣщенномъ на стр. 334.

Сила намагничиванія желѣзнаго сердечника, обвитаго гальванической спиралью зависитъ отъ силы тока; вслѣдствіе этого, степень намагничиванія можетъ служить мѣрой силы тока. Пользуясь и въ этомъ случаѣ системой сантиметръ=граммъ=секунда, мы принимаемъ за единицу силы тока силу магнитнаго притяженія въ 1 дину, причемъ притяженіе это исходитъ отъ электрическаго тока, проходящаго по проволокѣ въ 2 см. длины, согнутой въ дугу круга въ 1 ст. радіусомъ, какъ въ тангенсъ-гальванометрахъ, и дѣйствуетъ на магнитъ-единицу, опредѣленный нами уже раньше (стр. 287). Десятую часть этой единицы и составляетъ **амперъ**, которымъ мы уже не разъ пользовались, но до сихъ поръ еще не опредѣлили. Силу эту на практикѣ мѣряютъ сопротивленіемъ, оказываемымъ желѣзнымъ сердечникомъ, висящимъ въ гальванической спирали подъ вліяніемъ ея магнитнаго притяженія, на металлическую пружину. На этомъ принципѣ построенъ такъ называемый **амперметръ**.

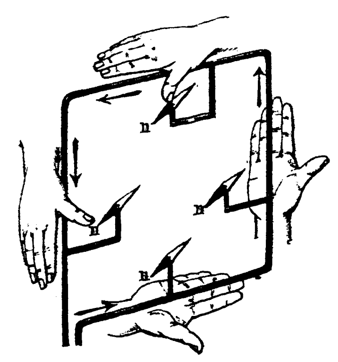
Современная техника позволяетъ намъ получать гальваническіе токи, почти неограниченной силы, а потому теперь можно строить электромагниты такой мощности, какой въ естественныхъ магнитахъ получить нельзя. Большинство упомянутыхъ раньше изслѣдованій, напримѣръ, изслѣдованіе вопроса о діамагне-



Тангенсъ-гальванометръ. По Сименсу и Гальске.
См. текстъ, стр. 331.

тизмѣ, ведется поэтому при помощи электромагнитовъ. Если бъ у насъ были одни естественные магниты, мы вообще никогда бы не знали явленій діамагнетизма.

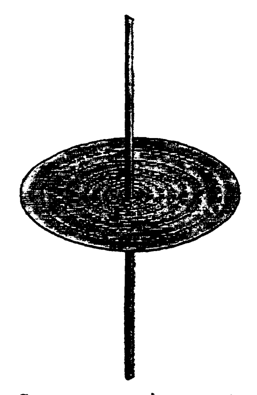
На дѣйствіи электромагнита основывается между прочимъ и устройство телеграфа. Электрическій токъ распространяется съ большой быстротой, впрочемъ, по проволокамъ не такъ быстро, какъ въ безвоздушномъ пространствѣ, поэтому два желѣзныхъ стержня, находящихся въ одной и той же цѣпи, намагнитятся, если судить по нашей обычной обиходной мѣркѣ, — одновременно, какъ бы ни было велико разстояніе между двумя получающимися такимъ образомъ электромагнитами. Этимъ свойствомъ тока можно воспользоваться для передачи сигналовъ; такіе сигналы, имѣя опредѣленное заранѣе условленное значеніе, переносятъ мысль черезъ любое разстояніе съ быстротой свѣта; для этого достаточно, чтобы оба мѣста были соединены только одной проволокой. Вскорѣ послѣ изобрѣтенія телеграфа убѣдились, что вторая, замыкающая цѣпь проволока въ этомъ случаѣ не нужна: достаточно опустить ея концы въ землю, и установится соединеніе черезъ землю. На землю мы въ правѣ смотрѣть, какъ на неизмѣримо большой резервуаръ связаннаго электричества. Необходимое количество его батарея, какъ черпалка, извлекаетъ изъ земли черезъ проводъ на одномъ концѣ, пользуется работой этого электричества на тщательно изолированныхъ отъ земли проводахъ и затѣмъ по второй соединенной съ землей проволокѣ возвращаетъ его снова въ тотъ же огромный резервуаръ, въ землю.

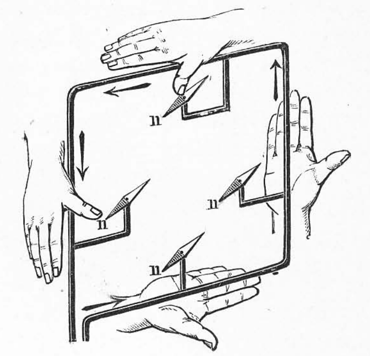


Правило Ампера. См. текстъ, стр. 331.

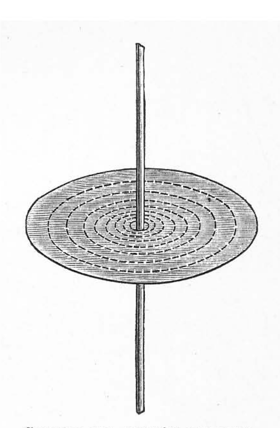
Подача сигналовъ обыкновенно производится слѣдующимъ образомъ: сердечникъ электромагнита e, находящагося на станціи полученія и возбуждающагося при замыканіи тока на станціи отправленія, притягиваетъ желѣзный якорь a, который имѣется надъ нимъ и обыкновенно нѣсколько приподнятъ пружиной. По другую сторону якоря укрѣплено перо f, которое чертитъ знаки на прокатывающейся мимо бумажной лентѣ p (см. рисунокъ на стр. 335). При отрывистомъ прерываніи тока получаются точки, при нѣсколько болѣе продолжительномъ — линіи. Сочетанія такихъ точекъ и линій даютъ выработанную международнымъ соглашеніемъ азбуку Морза.

Для передачи такихъ знаковъ годятся самые слабые токи, по большей части, не превышающіе одной сотой ампера; но чѣмъ длиннѣе проволока, тѣмъ больше ея сопротивленіе, а потому при увеличеніи разстоянія необходимо въ то же время соотвѣтственно увеличить въ цѣпи число гальваническихъ элементовъ, которые соединяются другъ съ другомъ послѣдовательно. При особенно большой длинѣ линіи прибѣгаютъ сверхъ того къ релэ. Въ этомъ случаѣ мы можемъ удовольствоваться токомъ, силы котораго не хватаетъ для того, чтобы привести въ движеніе якорь пишущаго аппарата; достаточно, если такой токъ будетъ приводить въ движеніе болѣе чувствительный якорь такъ называемаго релэ: разстояніе между якоремъ въ положеніи его равновѣсія и электромагнитомъ тутъ значительно уменьшено. При прикосновеніи къ электромагниту этого якоря замыкается токъ въ другой мѣстной батареѣ; этотъ токъ дѣйствуетъ только въ предѣлахъ станціи, и имъ то приводится въ движеніе пишущій аппаратъ Морзе. Въ свою очередь клавиша, которою подаютъ знаки, замыкаетъ только мѣстную батарею, возбуждаетъ магнитъ релэ, который уже замыкаетъ токъ по линіи. Рас-


Силовыя линіи прямолинейнаго гальваническаго тока. См. текстъ, стр. 331.

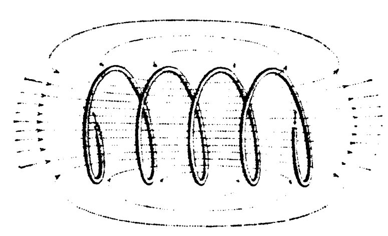


Правило Ампера. См. текстъ, стр. 331.



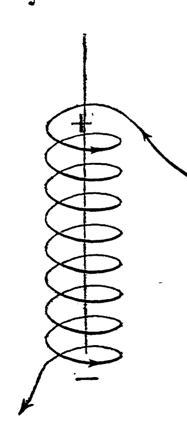
Силовыя линіи прямолинейнаго гальваническаго тока. См. текстъ, стр. 331.

положеніе проводовъ указано у насъ на схемѣ (см. черт. на стр. 336). Если нажать на станціи I ключъ S, то при этомъ выключатся изъ цѣпи всѣ аппараты этой станціи, потому что при этомъ прекращается соприкосновеніе въ F. Токъ батареи B, которая однимъ полюсомъ, при помощи металлической пластинки E, соединена прямо съ землей, проходитъ черезъ линію L въ магнитъ M на станціи II, который притягиваетъ въ силу этого якорь A. При этомъ устанавливается соприкосновеніе въ релэ въ C, и токъ мѣстной батареи G замыкается. Пишущій приборъ D проводитъ при этомъ соотвѣтственный знакъ.


Силовыя линіи гальванической спирали. См. текстъ, стр. 332.

Релэ можетъ быть настолько чувствительнымъ, что будетъ отвѣчать даже на незначительныя колебанія силы тока, получающіяся въ микрофонѣ подъ вліяніемъ тѣхъ звуковыхъ волнъ, которыя посылаются отбивающимъ удары маятникомъ секундомѣра. Авторъ этой книги, пользуясь только микрофономъ, релэ и телеграфной линіей, передавалъ такимъ путемъ въ Вѣну, при опредѣленіи географической долготы Женевы по отношенію къ Вѣнѣ, астрономическое время Женевы.

Тѣмъ не менѣе для тѣхъ чрезвычайно слабыхъ токовъ, которыми по практическимъ соображеніямъ приходится пользоваться при телеграфированіи за океанъ, этихъ релэ уже не достаточно. Тутъ снова пришлось вернуться къ чувствительному гальванометру (стр. 330), который игралъ большую роль уже въ первомъ электрическомъ телеграфѣ, построенномъ Гауссомъ и Веберомъ, устройство котораго мы опишемъ нѣсколько позже. Отклоненія освѣщеннаго кружка вправо или влѣво, отрывистое или болѣе медленное перемѣщеніе его могутъ быть точно такъ же скомбинированы въ алфавитъ, подобный морзовскому. У насъ на рисункѣ (стр. 337) изображенъ сифонный пишущій приборъ Томсона, который автоматически записываетъ передаваемую по кабелю депешу даже тогда, когда примѣнены чрезвычайно слабые токи. Катушка мультипликатора S виситъ между полюсами большого электромагнита MM, по которому пробѣгаетъ токъ, пришедшій по кабелю, и подъ вліяніемъ измѣненій его силы отклоняется такъ или иначе, на подобіе магнитной стрѣлки въ гальванометрѣ. Она перемѣщаетъ при этомъ небольшой стеклянный сифонъ t. Благодаря особенному устройству, сифонъ постоянно выпускаетъ изъ себя маленькія капли чернилъ, которыя падаютъ на бумажную ленту, проходящую подъ сифономъ, но къ нему не прикасающуюся; при колебаніи катушки капли эти образуютъ на бумажной лентѣ кривыя, по впадинамъ и выпуклостямъ которыхъ можно прочесть буквы, составляющія депешу (см. ниже).



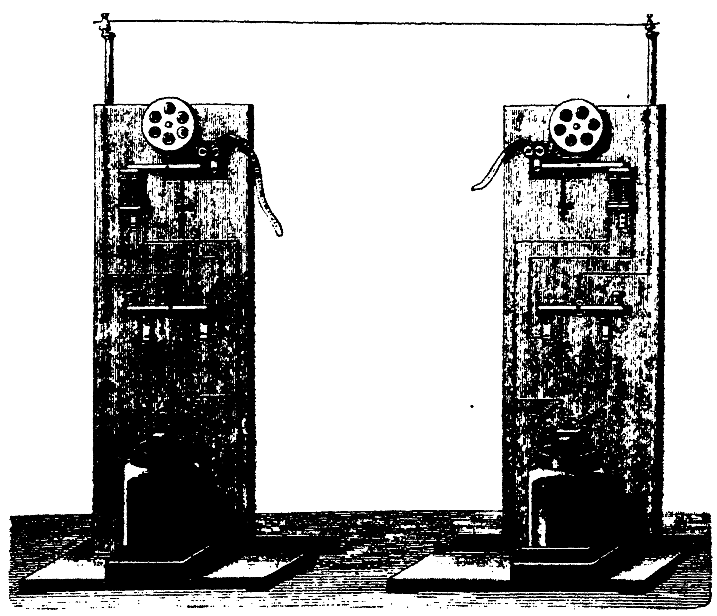
Гальваническая спираль и магнитъ. См. текстъ, стр. 332.

Мы знаемъ, что во всѣ приспособленія для телеграфированія внесены значительныя усовершенствованія. Есть уже и такіе приборы, какъ изображенный на стр. 338 аппаратъ Юза, въ которомъ алфавитные знаки воспроизводятся при помощи клавіатуры и отпечатываются на станціи полученія прямо обыкновенными печатными буквами. Далѣе изобрѣтены удивительные приборы, позволяющіе посылать по одной и той же проволокѣ нѣсколько телеграммъ заразъ, или такіе приборы, которые передаютъ почеркъ пишущаго или простые рисунки, не измѣняя ихъ первоначальнаго вида.

Наконецъ, упомянемъ еще о томъ, что прямыми электромагнитными дѣйствіями, до выясненія практическаго значенія индуктивныхъ токовъ, которыми мы вскорѣ должны заняться, пробовали воспользоваться въ двигателяхъ. Чтобы получить непрерывное вращательное движеніе, которое могло бы въ свою очередь приводить во вращеніе маховое колесо какой-нибудь машины, мы можемъ, какъ показано на рисункѣ на стр. 339 поочередно возбуждать одинъ изъ двухъ электромагнитовъ: такимъ образомъ въ спирали A и B будетъ втягиваться то сер-

дечникъ C, то сердечникъ D, которые, такимъ образомъ, будутъ совершенно замѣнять собой поршни паровой машины и будутъ поддерживать движеніе махового колеса L. Переходъ тока изъ одного электромагнита въ другой производится механизмомъ машины автоматически, какъ распредѣленіе пара въ паровыхъ машинахъ. Придумано еще много другихъ такого рода машинъ, но пользованіе ими въ широкомъ масштабѣ надо признать неэкономнымъ, а потому на такіе электромагнитные вращательные приборы можно смотрѣть только какъ на интересную игрушку.

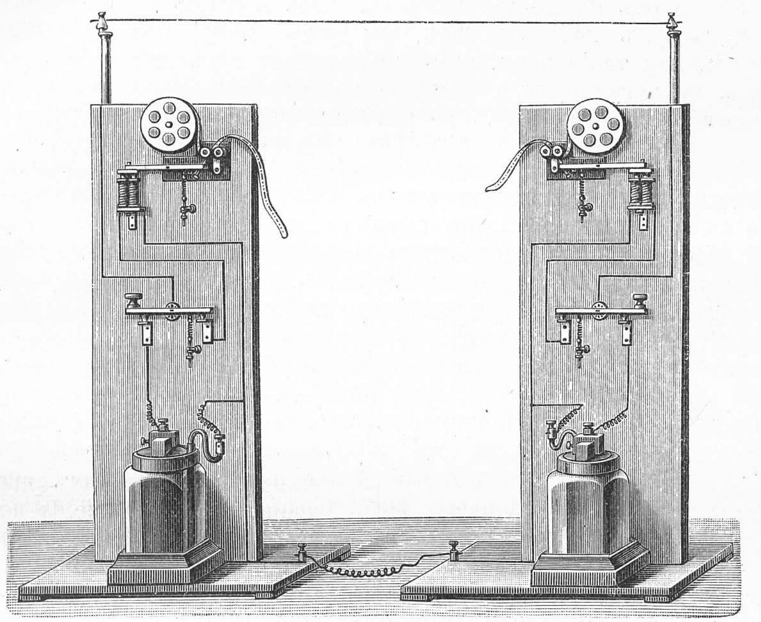
Напротивъ того, астрономы много пользуются электромагнитными явленіями для точной передачи времени. Теперь на каждой обсерваторіи имѣется непре-



Электрическій телеграфъ. a якорь, e электромагнитъ, f перо, p бумажная лента. См. текстъ, стр. 333.

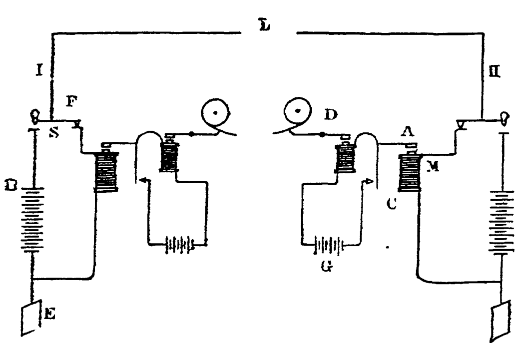
мѣнно электрическій хронографъ, (см. рисунокъ, на стр. 339), при помощи котораго мы можемъ замыканіемъ тока въ электромагнитѣ a отмѣтить на бумажной лентѣ i, приводимой въ движеніе часовымъ механизмомъ e, тотъ или другой моментъ съ точностью болѣе чѣмъ, до одной десятой секунды; самый знакъ наносится стальнымъ остріемъ s, прикрѣпленнымъ къ якорю. О подобныхъ приспособленіяхъ намъ уже приходилось говорить по поводу маятника (стр. 58). При каждомъ ударѣ маятника астрономическихъ часовъ устанавливается электрическій контактъ: при этомъ погружается въ чашечку со ртутью тонкое остріе. Благодаря этому якорь электромагнита, какъ при дѣйствіи телеграфнымъ ключемъ, притягивается на мгновеніе и на передвигающейся бумажной лентѣ получается точка. На этой то лентѣ получаются черезъ опредѣленные промежутки времени записи секундъ, отбиваемыхъ хронометромъ. Кромѣ этихъ точекъ, замыканіемъ второго тока наблюдатель можетъ воспроизвести на бумагѣ, если пожелалъ бы закрѣпить моментъ наблюдаемаго имъ въ трубу событія, еще одну точку. Мѣсто этой точки по отношенію къ положенію двухъ ближайшихъ точекъ можно опредѣлить съ точностью до нѣсколькихъ сотыхъ разстоянія между ними.

Для разрѣшенія вопроса объ истинной формѣ земли, знаніе которой имѣетъ, какъ мы уже не разъ видѣли, значеніе при изученіи нѣкоторыхъ физическихъ явленій, весьма важно умѣть точно опредѣлить разницы между географическими долготами двухъ удаленныхъ другъ отъ друга обсерваторій. Разница эта въ точности равна разницѣ между астрономическимъ временемъ въ томъ и другомъ



Электрическій телеграфъ. а якорь, е электромагнитъ, f перо, р бумажная лента.
См. текстъ, стр. 333.

мѣстѣ, соотвѣтствующемъ наблюденію одного и того же событія на небѣ. Эту же разницу можно опредѣлить, сообщая мѣстное время изъ одного мѣста въ другое. До изобрѣтенія хронографовъ передача времени изъ одного мѣста въ другое, если желательно было выполнить ее со всей точностью, представляла большія затрудненія. Въ настоящее время хронометръ, находящійся на одной изъ обсерваторій, просто автоматически передаетъ по телеграфнымъ проводамъ, связывающимъ оба мѣста, указываемыя имъ секунды на хронографъ другой обсерваторіи. Такимъ образомъ, мы сразу получаемъ разницу между показаніями обоихъ часовъ, а стало быть, и разницу между мѣстнымъ временемъ обоихъ пунктовъ; для этого надо по астрономическимъ наблюденіямъ опредѣлить отклоненіе показаній часовъ отъ истиннаго времени. Объ электрическихъ часахъ Гиппа, которые идутъ безъ колесъ и гири, мы говорили уже на стр. 157. Электрическіе часы, или такіе часы, которые приводятся въ движеніе обыкновеннымъ механизмомъ, но регулируются при помощи электричества изъ нѣкотораго центральнаго помѣщенія, бываютъ самыхъ разнообразныхъ конструкцій. При все возрастающей цѣнности времени они являются важными регуляторами всего строя нашей жизни.

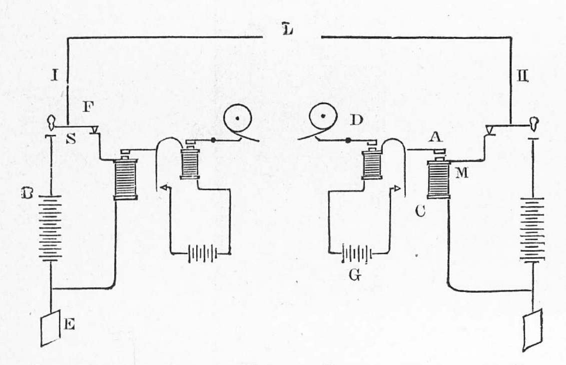


Схематическое изображеніе двухъ телеграфныхъ станцій. См. текстъ, стр. 334.

f) Индукціонный токъ.

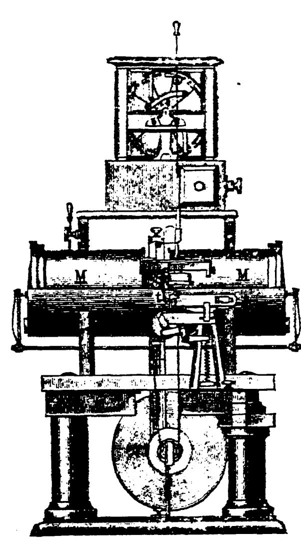
Мы уже видѣли, что гальваническій токъ, проходящій вокругъ желѣзнаго стержня намагничиваетъ этотъ стержень. Мы знаемъ изъ предыдущаго, что дѣйствіе вызываетъ всегда однородное съ нимъ по характеру противодѣйствіе и что большинство физическихъ процессовъ — процессы обратимые, а потому мы въ правѣ предположить, что при вдвиганіи магнита въ проволочную спираль въ ней долженъ получиться гальваническій токъ. Чтобы доказать это предположеніе на опытѣ выключаемъ батарею изъ цѣпи, которая возбуждала электромагнитъ, и вводимъ въ нее гальванометръ (см. чертежъ на стр. 340), а вмѣсто желѣзнаго сердечника помѣщаемъ постоянный магнитъ NS. Въ гальванометрѣ мы не замѣчаемъ послѣ этого никакихъ перемѣщеній. Понятно, что такъ и должно быть; въ противномъ случаѣ при помощи такого приспособленія можно было бы построить настоящее perpetuum mobile. Отклоненіе гальванометра показало бы, что существуетъ въ цѣпи электродвижущая сила, несмотря на то, что ни одна часть скомбинированнаго указаннымъ образомъ прибора ни внутри, ни снаружи его не претерпѣваетъ никакихъ измѣненій. Такимъ образомъ у насъ получалась бы сила безъ какой бы то ни было затраты силы. Но каждый разъ, какъ мы будемъ вдвигать магнитъ въ катушку A или выдвигать его изъ нея, стрѣлка гальванометра будетъ отклоняться: мы отдаемъ при этомъ, очевидно, часть своей силы прибору. Чертежи на стр. 340 показываютъ направленіе токовъ, получающихся при движеніи магнита въ ту или другую сторону. Эти индукціонные токи представляютъ собой, очевидно, явленіе возвратнаго характера. Они имѣютъ всегда такое направленіе, что всей собственной силой стремятся воспрепятствовать движенію индуктирующаго тока, а, стало быть, и движенію самого магнита. Токъ наведенный оказываетъ сопротивленіе току наводящему, — первичному току.

Прежде чѣмъ идти дальше, произведемъ измѣреніе нашей единицы электродвижущей силы, вольта, которой мы такъ часто пользовались; отыщемъ выраженіе ея въ единицахъ абсолютной системы мѣръ. Возьмемъ магнитъ, сила котораго, въ соотвѣтствіи съ тѣмъ, что мы узнали на стр., 287 равнялась бы единицѣ; помѣстимъ на разстояніи 1 см. отъ нашего магнита прямую проволоку длиной въ



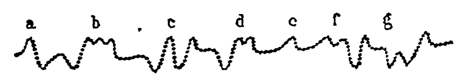
Схематическое изображенiе двухъ телеграфныхъ станцiй. См. текстъ, стр. 334.

1 см. такъ, чтобы она пересѣкала силовыя линіи магнита подъ прямымъ угломъ, и перемѣстимъ ее по направленію, перпендикулярному къ ея положенію, на 1 ст., причемъ кусокъ этотъ она должна пройти въ 1 сек. Токъ, индуктированный въ этой проволокѣ, имѣетъ электродвижущую силу, равную единицѣ. Но эта электродвижущая сила слишкомъ мала, и потому на практикѣ употребляютъ другую единицу, въ сотни милліоновъ разъ большую, названную нами вольтомъ. Этотъ способъ полученія электричества для насъ совершенно новъ. Мы получили электрическій токъ, перемѣщая сравнительно очень большія части матеріи, мы получили токъ пондеромоторно, въ отличіе отъ полученія его путемъ молекулярныхъ движеній, что бываетъ при треніи или электролитическомъ соприкосновеніи; стало быть, мы превратили видимое движеніе прямо въ электричество. Мы уже въ настоящую минуту можемъ допустить, что этотъ источникъ электричества изъ всѣхъ, до сихъ поръ намъ извѣстныхъ, наиболѣе практиченъ, потому что въ этомъ случаѣ работа совершается помимо разныхъ связующихъ звеньевъ, которыя обусловливаютъ потерю силы. При полученіи электричества треніемъ часть силы идетъ на самое треніе; кромѣ того, этотъ путь не даетъ намъ большихъ количествъ электричества. Въ гальваническихъ батареяхъ потерю работы обусловливаютъ химическіе процессы; да и вообще работа съ ними затруднительна и „нечиста", благодаря присутствію ѣдкихъ жидкостей, входящихъ въ составъ элементовъ. Напротивъ того, современное машиностроеніе сдѣлало такіе успѣхи, что теперь мы можемъ получать въ машинахъ всякаго рода движенія, которыя, какъ показываютъ послѣднія данныя, могутъ быть непосредственно превращены въ текущее электричество. Мы скоро познакомимся въ главныхъ чертахъ съ устройствомъ такъ называемыхъ динамомашинъ, предназначенныхъ для этой именно цѣли (стр. 349 и далѣе). Теперь, для болѣе обстоятельнаго изученія свойствъ индукціонныхъ токовъ, произведемъ съ ними еще нѣсколько опытовъ.



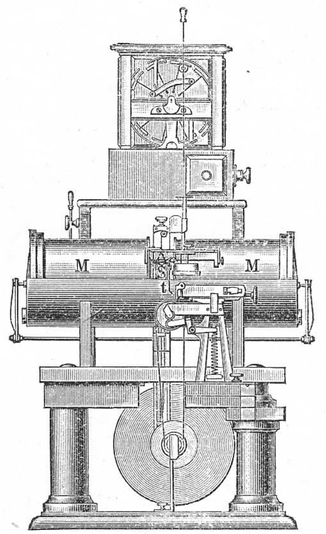
Сифонный самопишущій аппаратъ Томсона (сифонный отмѣтчикъ). M электромагнитъ, S катушка мультипликатора, t стеклянный сифонъ. См. текстъ, стр. 334

Возьмемъ прямой стержень M изъ мягкаго ненамагниченнаго желѣза, на обоихъ концахъ котораго одѣто по замкнутой самой въ себѣ спирали (см. чертежъ на стр. 341). Одна изъ спиралей s соединена съ батареей, другая S—съ гальванометромъ G. Лишь только мы замкнемъ токъ въ батареѣ и обратимъ стало быть, кусокъ желѣза въ электромагнитъ, стрѣлка гальванометра отклонился; но она тотчасъ же придетъ въ положеніе равновѣсіе: гальваническій токъ больше, стало быть, ужъ не течетъ. Индукціонный токъ прекратился. Стрѣлка снова отклонится, но уже не въ ту сторону, какъ при замыканіи тока и въ томъ случаѣ, когда мы цѣпь разомкнемъ. Индукціонные токи получаются также при замыканіи и размыканіи какого-либо гальваническаго тока, причемъ никакихъ видимыхъ перемѣщеній частей, употребляемыхъ нами приборовъ, не происходитъ. Мы можемъ себѣ представить, что при намагничиваніи желѣза токомъ, происходитъ то же самое, что бываетъ, когда приближаютъ магнитъ, находящійся на большомъ разстояніи отъ насъ, и вводятъ его въ спираль, или, обратно, когда уводятъ его изъ спирали. Та часть силы, которую можно сберечь при этихъ перемѣщеніяхъ, идетъ на возбужденіе токовъ. Этимъ замѣчаніемъ мы воспользуемся.



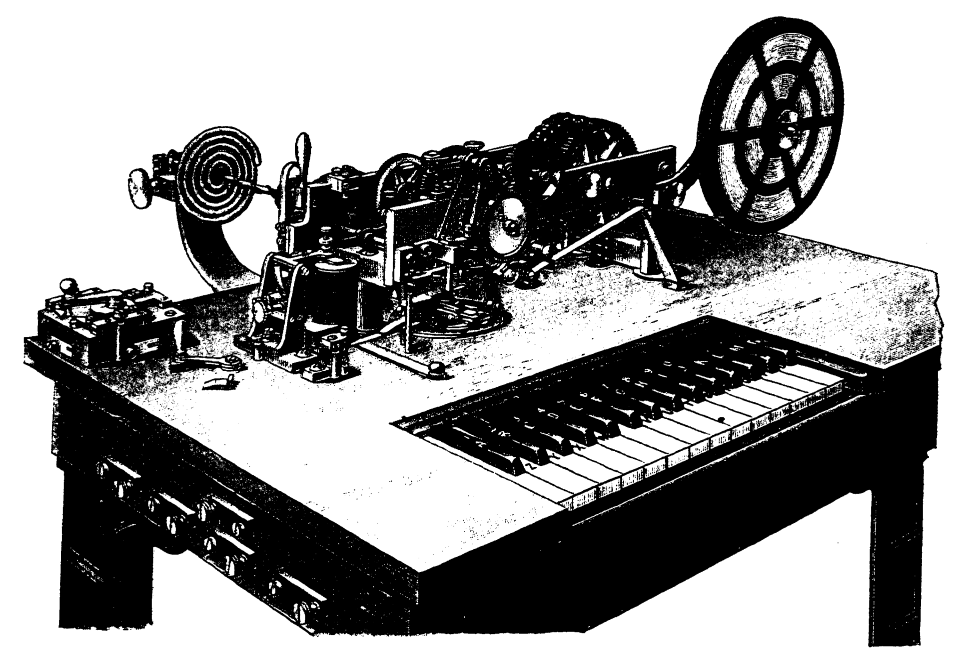
Образецъ записей самопишущаго аппарата (сифоннаго отмѣтчика). См. текстъ, ст. 334.

Мы уже не разъ говорили, что для полученія этого рода явленій, индукціонныхъ токовъ, необходимо, чтобы какой-либо проводникъ перемѣщался въ магнит-



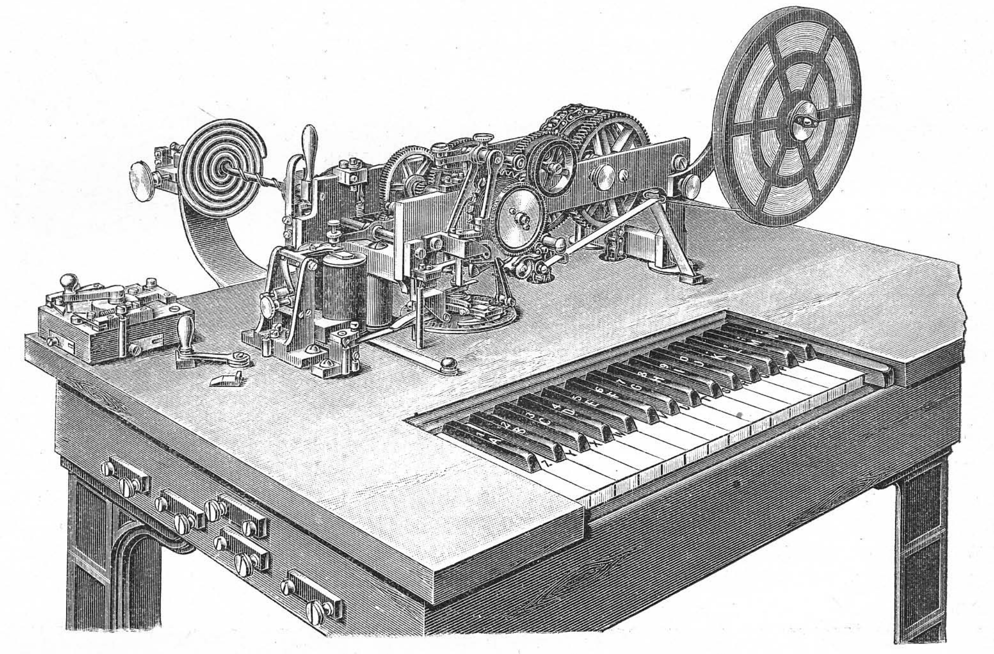
Сифонный самопишущій аппаратъ Томсона (сифонный отмѣтчикъ). М электромагнитъ, S катушка мультипликатора, t стекляный сифонъ. См. текстъ, стр. 334

номъ полѣ, что вовсе не обязательно, чтобы двигался непремѣнно магнитъ. Далѣе, мы знаемъ, что земля сама представляетъ изъ себя магнитъ и что всюду, гдѣ бы мы ни находились, насъ окружаетъ магнитное поле. Поэтому для возбужденія индукціонныхъ токовъ достаточно просто перемѣщать проводникъ, что въ дѣйствительности и оправдывается. Если мы расположимъ нашу спираль MN такъ, чтобы она могла вращаться по кругу, какъ показано на чертежѣ на стр. 341, то, при приведеніи этого прибора въ дѣйствіе, мы будемъ видѣть въ гальванометрѣ G отклоненія стрѣлки. Что причиной этого является дѣйствительно земной магнетизмъ, видно изъ того, что эти отклоненія стрѣлки въ зависимости отъ положенія, занимаемаго аппаратомъ по отношенію къ направленію наклоненія, измѣняются. Это обстоятельство пріобрѣтаетъ особое значеніе, если мы вспомнимъ, что и въ предшествовавшихъ нашихъ опытахъ положеніе магнита по



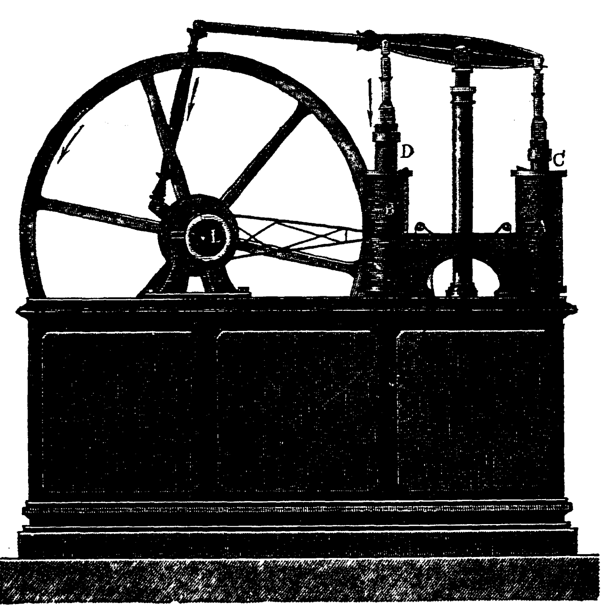
Телеграфный аппаратъ Юза. См. текстъ, стр. 331.

отношенію къ индукціонной катушкѣ оказывалось условіемъ вовсе не безразличнымъ. Такимъ образомъ при помощи такого **земного индуктора** мы можемъ опредѣлить направленіе наклоненія земного магнетизма и мы найдемъ, что оно совпадаетъ съ направленіемъ стрѣлки наклоненія (стр. 292). Въ земномъ индукторѣ въ тѣхъ положеніяхъ его, которыя разнятся другъ отъ друга на 180°, должны получаться взаимно противоположные токи, что видно и по показаніямъ гальванометра. Если устроить такъ, чтобы при обращеніяхъ автоматически происходила перемѣна контактовъ, то есть чтобы токъ, идущій къ гальванометру, имѣлъ одно и то же направленіе, то отъ земного индуктора можно получать постоянный токъ, какъ отъ небольшой батареи. **Пальмьери** при помощи такой катушки, обмотанной мѣдной проволокой, безъ всякихъ сердечниковъ и безъ соединенія ея съ магнитами получалъ при вращеніи ея искры и разлагалъ воду на составныя части. Мы убѣждаемся болѣе и болѣе, что **электричество есть не что иное, какъ движеніе**; а такъ какъ электричество по существу своему тождественно со свѣтомъ, а свѣтъ съ теплотой, то, къ удивленію своему, мы должны признать, что всѣ эти группы явленій, по виду столь различныя, представляютъ собой движенія одного и того же рода, одного и того же эѳира, спиральные вихри котораго пронизываютъ собой все.



Телеграфный аппаратъ Юза. См. текстъ, стр. 331.

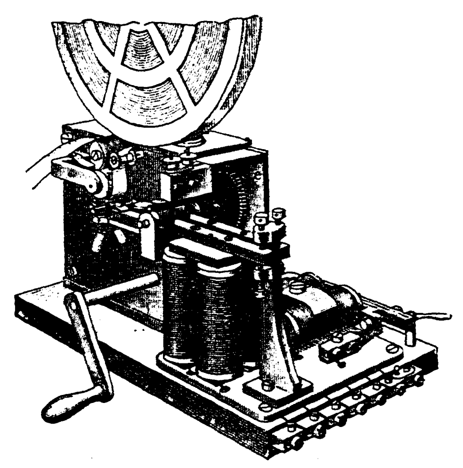
Но вмѣсто того, чтобы для полученія постояннаго индукціон.тока пользоваться полемъ земного магнетизма, можно брать магниты искусственные. Какъ это дѣлается, видно изъ рисунка, помѣщеннаго на стр. 342. Вращающійся дискъ K сдѣланъ изъ мѣди; цѣпь устанавливается при помощи оси a и скользящаго контакта s. При вращеніи диска между полюсами подковообразнаго магнита M, получается постоянный индукціонный токъ, и въ этомъ приборѣ намъ не приходится, какъ въ земномъ индукторѣ, мѣнять при каждомъ полуоборотѣ направленіе тока.



Электромагнитная машина Педжа. DC магниты; AB катушки-мультипликаторы; L маховое колесо. См. текстъ, стр. 334.

На воздѣйствіи возникающихъ такимъ образомъ индукціонныхъ токовъ основывается одинъ опытъ, о которомъ будетъ умѣстно здѣсь упомянуть. Если помѣстить надъ такимъ мѣднымъ дискомъ довольно большую магнитную стрѣлку, то эта стрѣлка начинаетъ, хотя и не сразу, на зато потомъ все скорѣе и скорѣе, вращаться по направленію вращенія диска; мы получаемъ такое впечатлѣніе, точно стрѣлку увлекаетъ воздушный вихрь, возникающій при этомъ вращеніи. Для того чтобы устранить всякую мысль о такомъ объясненіи, помѣщаемъ между стрѣлкой и дискомъ стеклянную пластинку: въ явленіи не наблюдается никакихъ измѣненій. Итакъ эти воздушные вихри совершенно похожи на тѣ электрическіе, которые обусловливаютъ вращеніе стрѣлки.

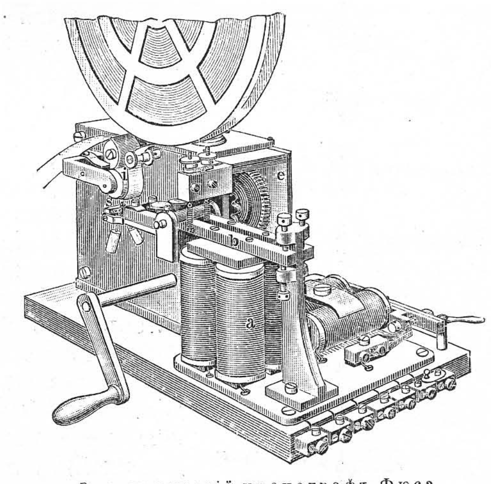
Это дѣйствіе индуктивныхъ токовъ особенно рельефно проявляется въ такъ называемомъ маятникѣ Вальтенгофена, приборѣ, рисунокъ котораго помѣщенъ на стр. 342. Кусокъ мѣди K колеблется взадъ и впередъ между полюсами ab сильнаго электромагнита. Если магнитъ возбудить, тяжелый кусокъ мѣди остановится между полюсами, несмотря на значительную быстроту, какой онъ обладаетъ въ этотъ моментъ въ силу своего колебательнаго движенія, точно преодолѣвая тутъ сопротивленіе какого то вязкаго вещества, или точно это не мѣдь, а желѣзо.



Электрическій хронографъ Фюса. См. текстъ, стр. 335.

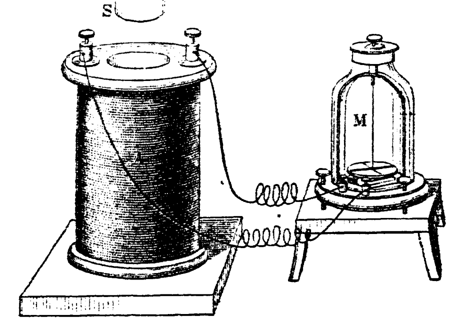
Сигналы на первомъ электрическомъ телеграфѣ, который могъ исправно работать, подавались при помощи индукціонныхъ токовъ. Этотъ телеграфъ провели въ 1833 году Гауссъ и Веберъ въ Гёттингенѣ (см. портреты стр. 345 и стр. 344); первый былъ директоромъ обсерваторіи, второй—завѣдующимъ физическимъ институтомъ; они соединили проволокой эти два научныхъ учрежденія

Электромагнитная машина Педжа. DC магниты; AB катушки-мультипликаторы; L маховое колесо. См. текстъ, стр. 334.



Электрическій хронографъ Фюса. См. текстъ, стр. 335,

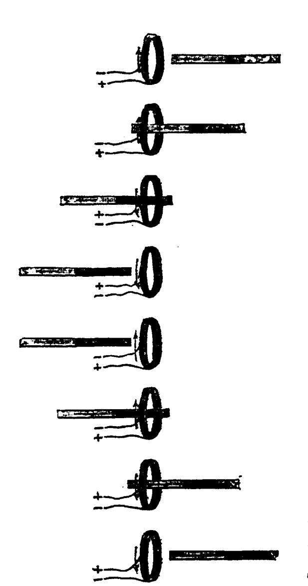
удаленныхъ другъ отъ друга на нѣсколько километровъ. Сигналы подавались при помощи индукціонной катушки I, которая могла передвигаться взадъ и впередъ надъ однимъ изъ полюсовъ постояннаго магнита. Получавшіеся при этомъ токи приводили въ движеніе на станціи полученія магнитную стрѣлку гальванометра G, отклоненія которой наблюдались при помощи зеркала S, подзорной трубы и шкалы (см. чертежи на стр. 345). При помощи **коммутатора** K, то есть прибора, позволяющаго измѣнять направленіе тока, можно было получать отклоненія стрѣлки вправо и влѣво, и такимъ образомъ создавалась алфавитная система, вродѣ Морзевской. Такимъ образомъ этотъ телеграфъ могъ работать безъ батареи и вообще безъ какого бы то ни было источника электричества и былъ во всякое время готовъ къ услугамъ его устроителей. Оба друга, работа которыхъ подъ вліяніемъ постояннаго обмѣна мыслей пріобрѣла особенно цѣнный плодотворный характеръ, въ теченіи чуть не десяти лѣтъ пересылали свои мысли по проволокѣ этого телеграфа (одинъ конецъ его, именно тотъ, что былъ въ обсерваторіи, сохранился до сихъ поръ (см. рисунокъ стр. 346). Только тогда человѣчество стало задумываться о значеніи этого изобрѣтенія, нынѣ покорившаго себѣ весь міръ.

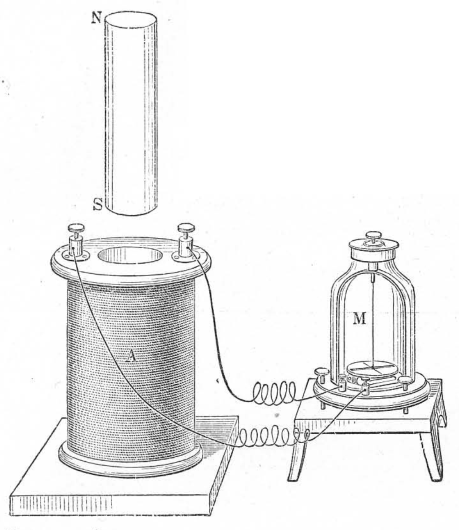


Наведеніе тока магнитомъ. M гальванометръ; A мультипликаторъ; NS магнитъ. См. текстъ, стр. 336.

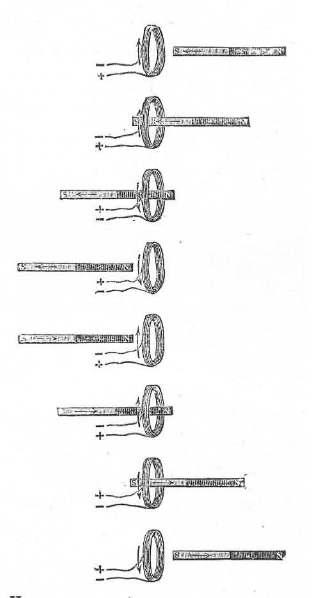
Поистинѣ трогательны прямо таки пророческія слова великаго мыслителя Гаусса о цѣнности этого изобрѣтенія и о его будущности; вотъ что онъ пишетъ въ письмѣ къ Шумахеру въ 1835 г., находясь въ самомъ пессимистическомъ настроеніи, вызванномъ скудостью средствъ, отпускаемыхъ ему на производство столь важныхъ работъ (Riecke, Experimentalphysik II, S. 224):

„Будь я въ другихъ обстоятельствахъ, за этимъ открытіемъ, вѣроятно, послѣдовали бы важныя для общества и бьющія въ глаза большой толпы практическія приложенія. Но при бюджетѣ въ 150 талеровъ въ годъ, отпускаемыхъ на обѣ обсерваторіи, астрономическую и магнитную, большихъ опытовъ, разумѣется, не произведешь. Я убѣжденъ, что если-бъ на такіе опыты затратить много тысячъ талеровъ, то электромагнитное телеграфированіе можно было бы такъ усовершенствовать и пользоватся имъ въ такомъ масштабѣ, что предъ нимъ въ удивленіи остановилась бы фантазія. Русскій императоръ могъ бы въ одну минуту, не прибѣгая къ промежуточнымъ станціямъ, передавать свои повелѣнія изъ Петербурга въ Одессу или даже въ Кяхту, для чего достаточно было-бъ провести между этими пунктами мѣдную проволоку соотвѣтственной (заранѣе строго опредѣленной) толщины и помѣстить на обоихъ концахъ этой линіи сильные приборы и хорошо обученныхъ людей. Я не вижу ничего невозможнаго въ изобрѣтеніи такихъ механизмовъ, которые будутъ передавать депеши автоматически, подобно курантамъ, исполняющимъ свои пьесы только при посредствѣ валиковъ, на которыхъ онѣ закрѣплены. Но до тѣхъ поръ, пока такіе приборы достигнутъ этой высокой степени совершенства, придется, разумѣется, произвести рядъ дорого стоющихъ опытовъ, что для такой страны, какъ, напримѣръ, королевство Ганноверъ, не имѣетъ никакого смысла.


Направленіе наведеннаго тока по отношенію къ движенію магнита. См. текстъ, стр. 336.



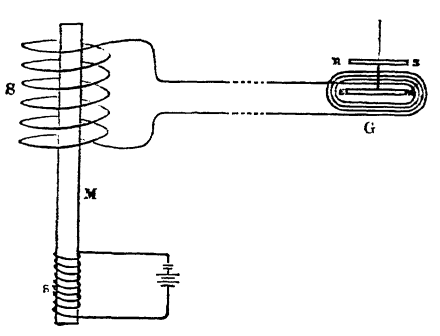
Наведеніе тока магнитомъ. М гальванометръ; А мультипликаторъ; NS магнитъ. См. текстъ, стр. 336.



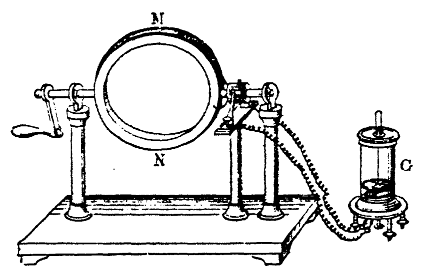
Направленіе наведеннаго тока по отношенію къ движенію магнита. См. текстъ, стр. 336.

Для того чтобы по такой цѣпи поддерживать сообщеніе съ нашими антиподами, совершенно достаточно было бы мѣдной проволоки на 100 милліоновъ талеровъ; для половины этого разстоянія только четверть этой суммы, и такъ далѣе: стоимость меньшихъ линій будетъ обратно пропорціональна квадрату ихъ длины".

Но сколько такихъ сотенъ милліоновъ талеровъ, этой, по мнѣнію Гаусса, совершенно фантастической суммы затрачено теперь, когда сѣть телеграфныхъ проволокъ, какъ паутина, протянулась по всему земному шару! Подводные океанскіе кабели, соединяющіе насъ съ нашими антиподами, одни имѣютъ въ длину круглымъ счетомъ около 300000 км.; проводъ такой длины могъ бы опоясать землю $7^1/_2$ разъ; а стоимость этихъ кабелей превышаетъ 100 милліоновъ талеровъ Гаусса приблизительно въ 3 раза. Чтобы совладать съ такими огромными разстояніями пришлось обратиться, по крайней мѣрѣ, на станціяхъ полученія къ системѣ Гаусса и Вебера, къ отклоненіямъ въ ту и въ другую сторону стрѣлки гальванометра. Сколько изобрѣтательныхъ инженеровъ получало большія суммы за приспособленіе и построеніе приборовъ по этой первостепенной важности системѣ; между тѣмъ оба гёттингенскихъ ученыхъ въ скромномъ своемъ одиночествѣ, удаленіи отъ міра, гораздо глубже добрались до сути явленій, никогда даже не помышляя о пріобрѣтеніи матеріальныхъ благъ, о платѣ за пролагающую новые пути мощь ихъ ума! Правда, въ 1899 году этому сіяющему на небѣ научнаго міра созвѣздію былъ воздвигнутъ общій памятникъ. Но къ стыду своему, мы должны прибавить, что сборъ необходимыхъ для этого средствъ потребовалъ большихъ трудовъ. Кромѣ того, нельзя не упомянуть, что Вернеръ фонъ Сименсъ, который со своимъ главнымъ штабомъ, со своими братьями, провелъ больше телеграфныхъ линій, чѣмъ всѣ остальные предприниматели и строители телеграфовъ (надземныя линіи, проведенныя Сименсами, могли бы, если-бъ ихъ присоединить одну къ другой, опоясать четыре раза земной экваторъ; сверхъ того они проложили 15000 км. подводнаго кабеля), своими богатыми пожертвованіями въ значительной степени помогъ основанію въ Берлинѣ института, Императорскаго физическаго института; благодаря существованію этого учрежденія возможность такого случая, какъ съ изобрѣтеніемъ электрическаго телеграфа геніальными гёттингенскими учеными, которые не могли дать дальнѣйшаго хода развитію важныхъ мыслей только по недостатку средствъ, теперь въ значительной степени предотвращена.

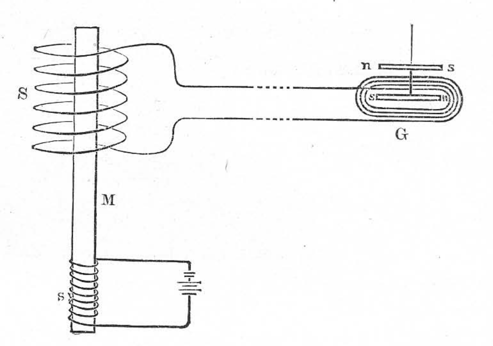


Индукціонный токъ. См. текстъ, стр. 337

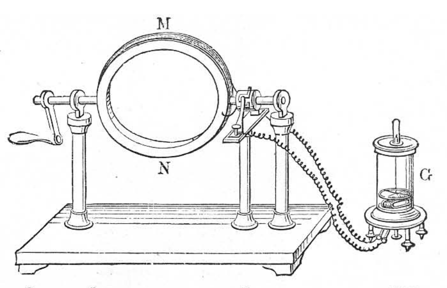


Земной индукторъ. См. текстъ, стр. 338.

Благодаря тѣмъ же индукціоннымъ токамъ, мы имѣемъ возможность передавать сказанныя слова непосредственно отъ говорящаго къ слушающему черезъ весь материкъ. Мы говоримъ о телефонѣ, приборѣ, который благодаря этому, долженъ быть признанъ наиболѣе совершеннымъ изъ телеграфовъ. Съ изобрѣтеніемъ его осуществились настоящія сказочныя грезы, и наше удивленіе возрастаетъ еще больше, когда мы видимъ поразительную простоту устройства этого чудодѣйственнаго прибора. Подобно телеграфу Гаусса-Вебера, телефонъ обходится безъ постороннихъ элементовъ и токовъ, кромѣ того тока, который необходимъ для пользованія микрофономъ. Аппараты на обѣихъ станціяхъ, — той, гдѣ говорятъ, и той, гдѣ слушаютъ, — совершенно сходны, даже въ моментъ ихъ дѣйствія; мы не говоримъ, конечно, о формѣ, о различныхъ типахъ приборовъ, вызванныхъ стре-

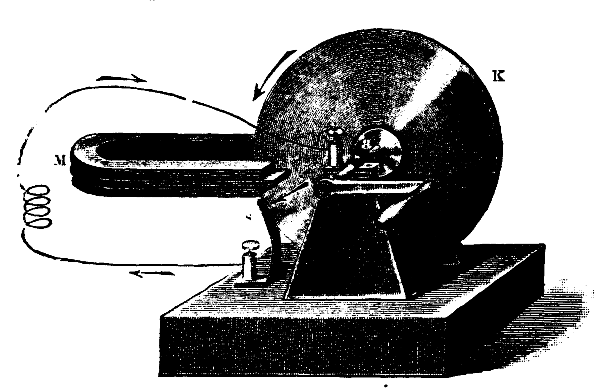


Индукціонный токъ. См. текстъ, стр. 337.



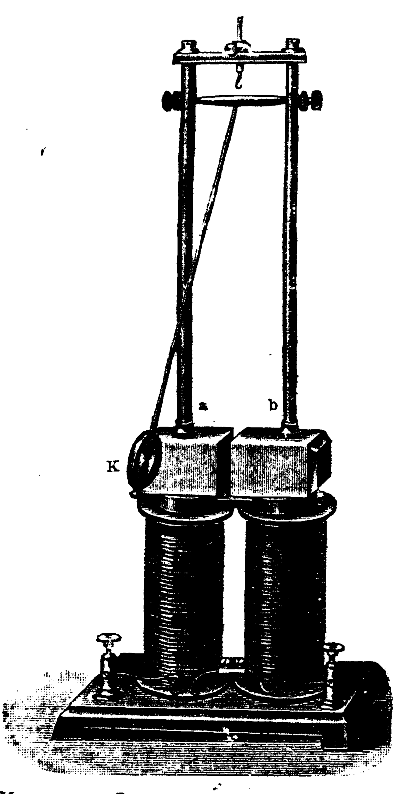
Земной индукторъ. См. текстъ, стр. 338.

мленіемъ къ самому широкому распространенію этого рода сообщенія. Въ деревянной оправѣ, извѣстной всѣмъ формы, находится прямой магнитъ (на нашемъ чертежѣ на стр. 347, А), передъ однимъ изъ полюсовъ котораго находится легкая, вибрирующая желѣзная пластинка pp, которая однако къ магниту, окруженному съ той же стороны индукціонной спиралью BB, не прикасается. Обѣ такихъ спирали въ трубкѣ, въ которую говорятъ и въ трубкѣ, въ которую слушаютъ, соединены проводами DD (см. чертежъ на стр. 347). Вотъ все, что необходимо для передачи на далекія разстоянія человѣческой рѣчи со всѣми ея оттѣнками, со всѣмъ свойственнымъ ей выраженіемъ. Когда мы говоримъ въ одинъ изъ такихъ приборовъ, пластинка его приходитъ подъ вліяніемъ воздушныхъ волнъ въ такое же колебательное состояніе, какъ наша барабанная перепонка (стр.138), которая превращаетъ эти колебанія въ слышимыя нами звуковыя впечатлѣнія. Колебанія телефонной мембраны, которая, находясь по близости отъ прямого магнита, и сама намагничивается, возбуждаютъ въ индукціонной спирали токи точно такимъ же манеромъ, какъ это описано на стр. 337.

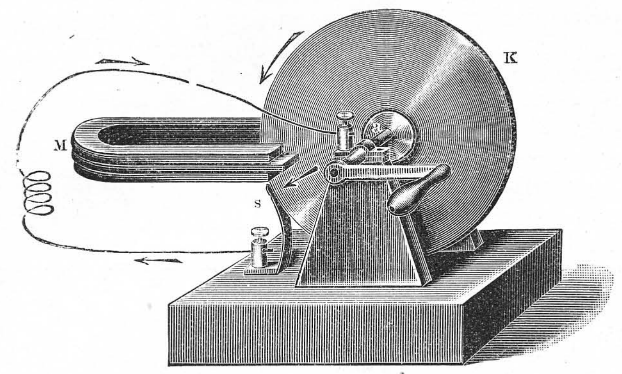


Индукція во вращающемся дискѣ. См. текстъ, стр. 339.

Въ точности слѣдуя ритму звуковыхъ волнъ, возбуждаемыхъ словомъ, сказаннымъ въ первый аппаратъ, эти слабые токи то усиливаются, то ослабѣваютъ, и сообщаются по проволокамъ второй спирали и аппарату, въ который слушаютъ, находящемуся на другой станціи; такимъ образомъ намагничиваніе второго прямого магнита будетъ то возрастать, то убывать въ зависимости отъ того, что будетъ происходить съ первымъ магнитомъ, и въ точности слѣдуя колебаніямъ въ этомъ послѣднемъ. Притягиваемая имъ пластинка будетъ точно воспроизводить колебанія, вызываемыя словомъ, сказаннымъ прямо въ трубку, и наша барабанная перепонка будетъ снова получать тѣ же самыя впечатлѣнія и будетъ передавать ихъ нервнымъ аппаратамъ нашего уха. Этотъ первый типъ телефона, выработанный Беллемъ, и по сей день употребляется во многихъ мѣстахъ; позднѣе В. фонъ Сименсъ (см. портретъ, стр. 348) предложилъ нѣсколько другихъ типовъ, но физическій принципъ ихъ вездѣ одинъ и тотъ же. На стр. 349 помѣщенъ чертежъ одного изъ самыхъ распространенныхъ типовъ телефона и изображеніе его снаружи. Для практическихъ цѣлей къ телефону приспособляютъ еще другіе побочные аппараты. Прежде всего стараются при помощи **микрофона** отчасти возмѣстить потерю силы, обусловливаемую сопротивленіемъ проводовъ. Для этой цѣли аппарату, въ который говорятъ, надо

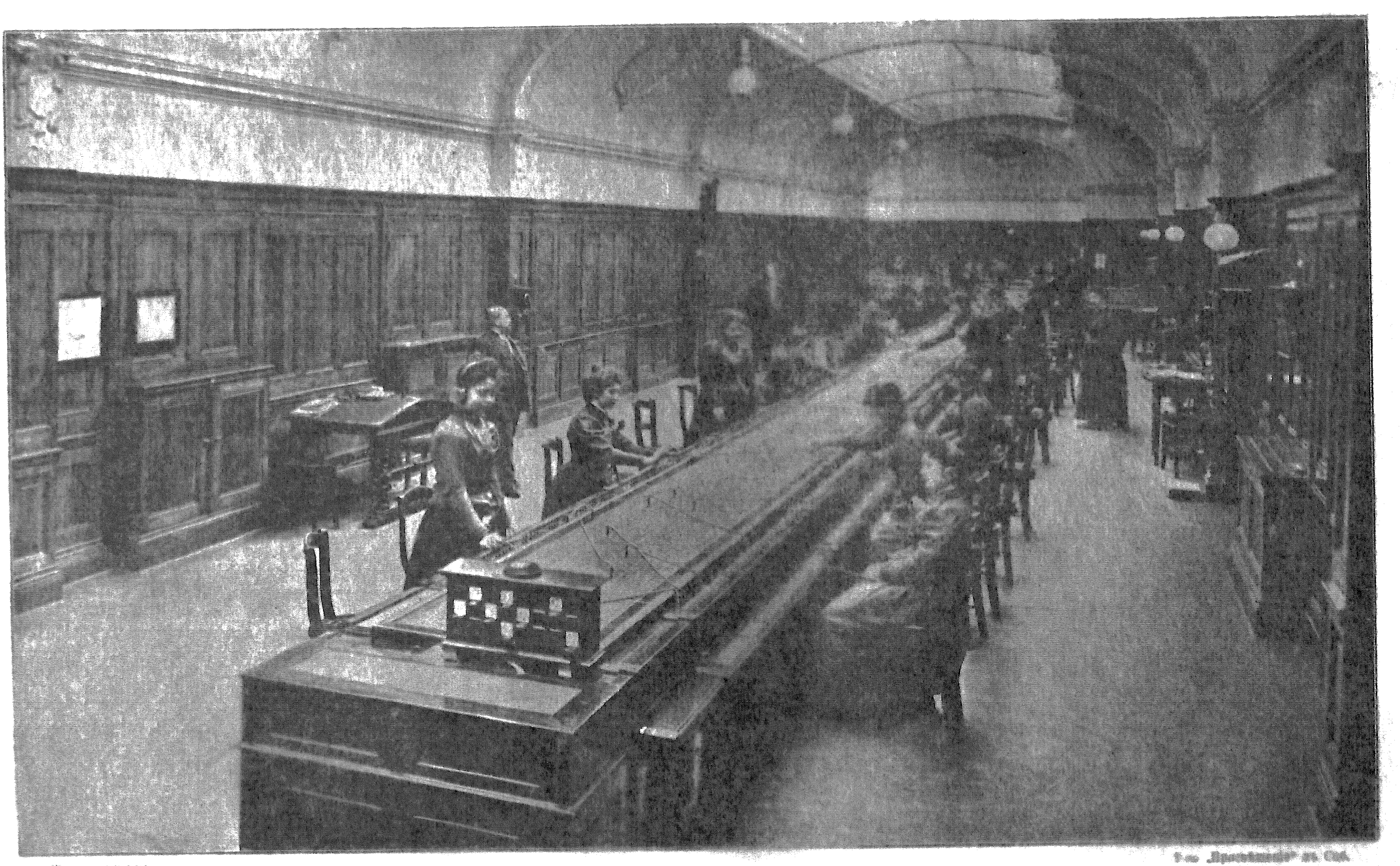


Маятникъ Вальтенгофена. См. текстъ, стр. 339.



Индукція во вращающемся дискѣ. См. текстъ, стр. 339.

Маятникъ Вальтенгофена. См. текстъ, стр. 339.

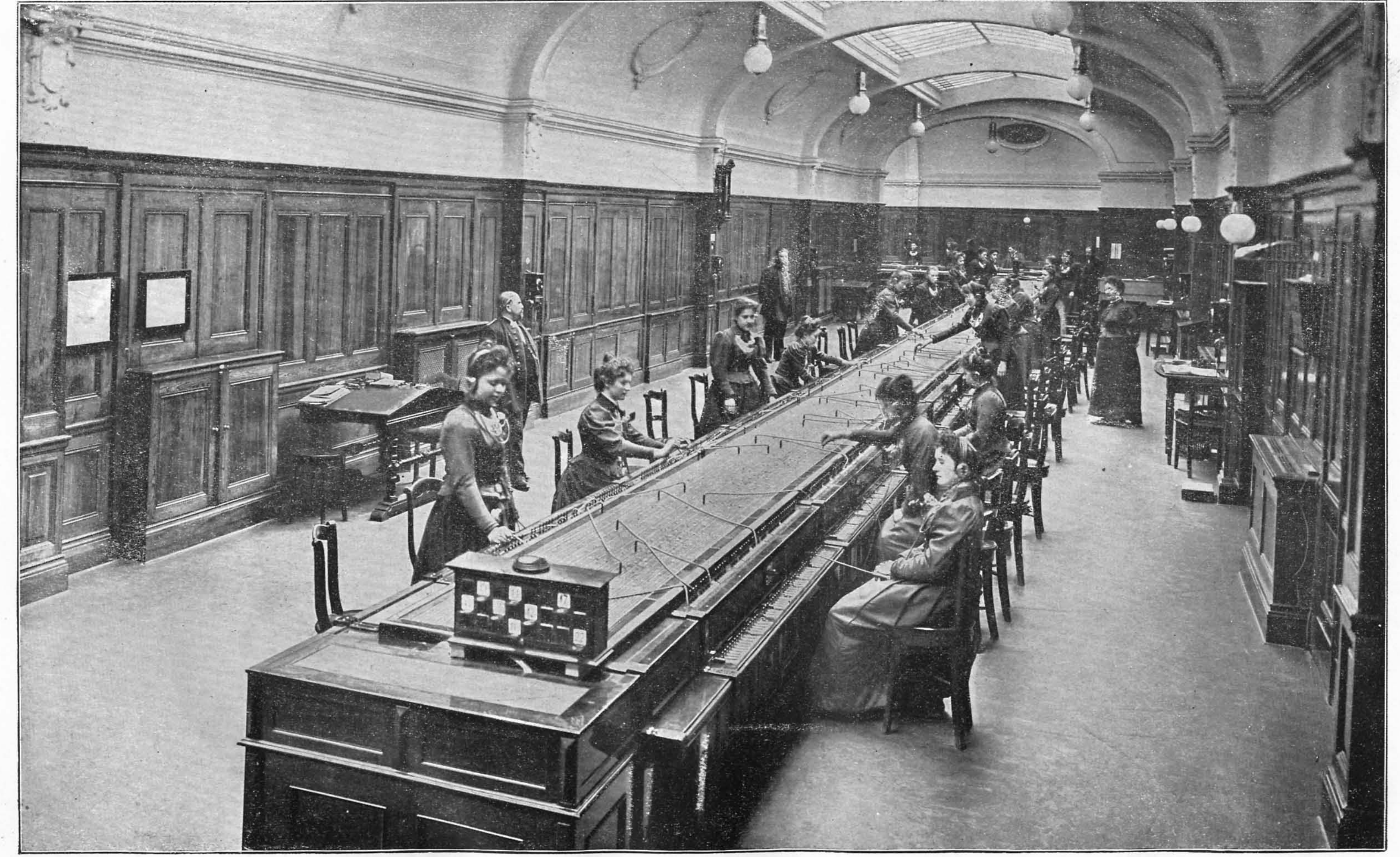


Жизнь природы.

Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

Берлинская центральная телефонная станція.

Съ фотографіи.



Жизнь природы.

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Берлинская центральная телефонная станція.

Съ фотографіи.

придать форму, отличную отъ трубки, которую прикладываютъ къ уху. Мы говоримъ не въ желѣзную мембрану, а въ микрофонъ, дѣйствіе котораго ничѣмъ не отличается отъ дѣйствія микрофона, описаннаго у насъ на стр. 326; только теперь вмѣсто угольныхъ стерженьковъ мы беремъ слой угольнаго порошка. Слой этотъ лежитъ сейчасъ же за мембраной, которая въ этомъ случаѣ состоитъ изъ тонкой деревянной пластинки, усиливающей звукъ по резонансу.

Батарея микрофона шлетъ черезъ порошокъ токъ, сила котораго измѣняется въ зависимости отъ производимыхъ звукомъ сотрясеній. Этотъ токъ идетъ вокругъ прямого магнита, находящагося на станціи полученія, подобно прежнему индукціонному току, только дѣйствіе его значительно сильнѣе. Для того, чтобы баттарея микрофона не ослабѣвала безъ надобности, мы замыкаемъ ее лишь на то время, пока ею пользуемся. „Вѣшая" трубку F, мы тѣмъ самымъ автоматически размыкаемъ цѣпь въ A; это видно на нашемъ чертежѣ на стр. 349. Очень слабые индуктивные токи, получающіеся только благодаря вибраціямъ вышеописанныхъ желѣзныхъ мембранъ, дѣлаютъ безусловно необходимой обратную линію, такимъ образомъ между обѣими станціями приходится проводить двѣ проволоки, а это значительно повышаетъ стоимость телефонной сѣти по сравненію съ телеграфной. При пользованіи же токомъ отъ микрофона, который получается, какъ телеграфный токъ, при помощи баттареи, для обыкновенныхъ телефонныхъ линій достаточно и одной проволоки; второй, обратной линіей, будетъ служить, какъ въ телеграфѣ, описанномъ на стр. 335, земля. Двойная линія становится необходимой лишь тогда, когда переговоры по телефону приходится вести на большихъ разстояніяхъ: въ такихъ отдаленныхъ пунктахъ земля никогда не можетъ оказаться одинаково наполненной электрической „жидкостью"; такимъ образомъ либо на той, либо на другой станціи мы будемъ имѣть избытокъ „жидкости", и по телефоннымъ проволокамъ потекутъ токи, которые дадутъ себя знать въ видѣ мѣшающихъ слушать шумовъ. Такіе **земные токи** наблюдаются и въ телеграфныхъ линіяхъ, но вредными они становятся лишь тогда, когда достигнутъ такой силы, что могутъ приподнять якорь аппарата Морзе. Это часто замѣчается при „магнитныхъ буряхъ", о которыхъ мы говорили на стр. 294 и которыя сказываются въ томъ, что въ полярныхъ странахъ вспыхиваетъ большое сѣверное сіяніе, а магнитныя стрѣлки безпокойно движутся чуть не во всѣхъ пунктахъ земного шара. При этомъ приходится имѣть дѣло съ такими сильными и продол-



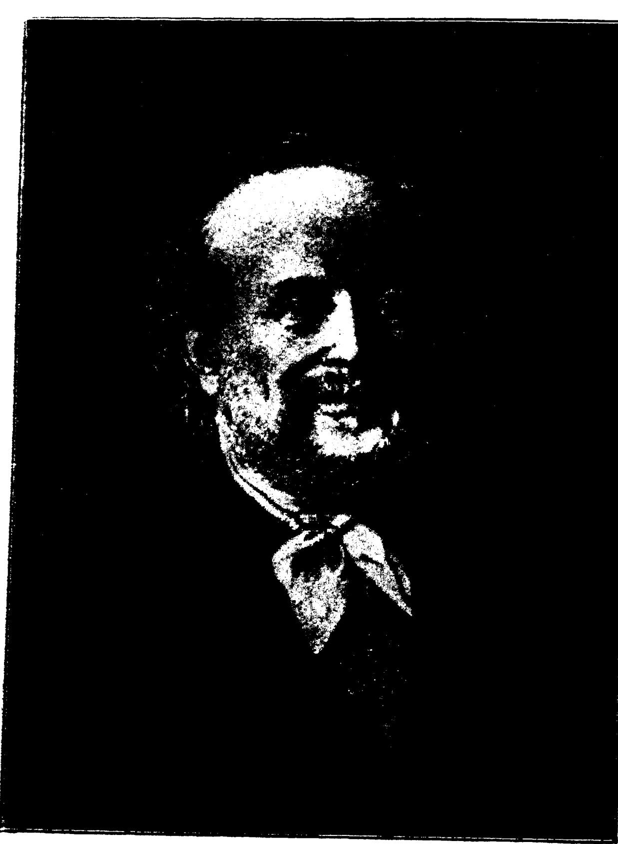
Карлъ Фридрихъ Гауссъ. См. текстъ, стр. 339



Карлъ Фридрихъ Гауссъ. См. текстъ, стр. 339

жительными земными токами, что иногда по цѣлымъ часамъ невозможно передавать сколь-нибудь понятныя телеграммы изъ одной отдаленной страны въ другую, а между тѣмъ въ природѣ, повидимому, ничего особеннаго не происходитъ. Вторая, обратная, линія уничтожаетъ дѣйствіе этихъ земныхъ токовъ, и потому не надо удивляться, что иногда телефонъ между двумя городами передаетъ рѣчь гораздо лучше, чѣмъ въ предѣлахъ одного и того же участка одного и того же города.

Токи, которыми пользуются при телеграфированіи должны быть значительно сильнѣе токовъ, идущихъ отъ микрофона, потому что они должны производить сравнительно большую работу на пишущемъ аппаратѣ. Два рядомъ идущихъ тока производятъ другъ на друга точно такое же индукціонное дѣйствіе, какъ два магнита (нѣсколько позже (стр. 345) мы подробнѣе разберемъ эти взаимодѣйствія); поэтому оба тока, одинъ, идущій по телеграфной линіи, другой — по телефонной должны оказывать другъ на друга вредное дѣйствіе. Вотъ почему необходимо по возможности устранять близость телеграфныхъ проводовъ отъ телефонной сѣти.



Вильгельмъ Эдуардъ Веберъ. См. текстъ, стр. 339.

Для того, чтобы увѣдомить вторую станцію, что съ ней желаютъ говорить, необходимо обратить вниманіе находящихся тамъ людей какимъ-нибудь вполнѣ слышнымъ сигналомъ. Звуки передаваемые слишкомъ слабы, для того, чтобы ихъ можно было услышать на сколько-нибудь значительномъ разстояніи. Поэтому въ телефонную цѣпь включаютъ звонокъ (см. чертежъ на стр. 350), который при нажатіи на кнопку, соединяется съ батареей микрофона. Этотъ звонокъ устроенъ совершенно такъ же, какъ электрическіе домашніе звонки, которые теперь можно встрѣтить повсюду.

Якорь A, электромагнита M, приводитъ въ движеніе молоточекъ K звонка G; одновременно съ этимъ, благодаря прекращенію соприкосновенія между A и пружиной F, снова размыкается токъ, который изъ d_1 направляется по обмоткѣ электромагнита, затѣмъ, выйдя изъ нея, идетъ черезъ c въ A и, наконецъ, черезъ F по проволокѣ d_2 возвращается въ батарею. Магнитъ снова перестаетъ притягивать якорь; токъ замыкается, якорь притягивается и т. д., такъ что молоточекъ не перестаетъ колебаться, а звонокъ звонить.

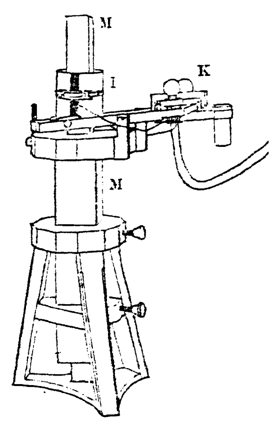
При сравнительно значительной длинѣ проводовъ телефонной сѣти въ городахъ батареи, необходимыя для приведенія въ дѣйствіе такихъ сигнальныхъ аппаратовъ, должны быть гораздо сильнѣе тѣхъ, которыми пользуются въ микрофонахъ. Поэтому въ послѣднее время по большей части замѣняютъ баттарею индукціоннымъ аппаратомъ, въ которомъ токъ получается путемъ приведенія въ движеніе навстрѣчу другъ другу двухъ магнитовъ, что достигается вращеніемъ рукоятки (см.



Вильгельмъ Эдуардъ Веберъ. См. текстъ, стр. 339.

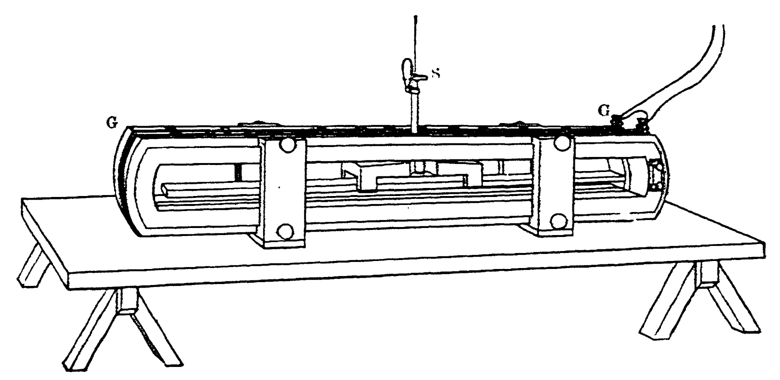
чертежъ стр. 350). Такъ что ту силу, которую мы раньше брали изъ батареи, теперь мы вырабатываемъ своими собственными мускулами.

Телефонная сѣть должна быть устроена такъ, чтобы каждый абонентъ могъ говорить со всѣми остальными. Поэтому должна быть центральная станція; на ней и соединяютъ между собой различныхъ абонентовъ. Всѣ провода сходятся въ этомъ учрежденіи, являющемся нашимъ посредникомъ, и тамъ оканчиваются въ такъ называемомъ коммутаторномъ шкафу (см. рисунокъ на стр. 351). Какъ устанавливается соединеніе между двумя номерами при помощи двухъ штепселей a, b, находящихся на концахъ особой проволоки, въ принципѣ ясно. Что касается подробностей устройства этихъ приборовъ, къ которымъ теперь предъявляютъ все большія и большія требованія, то этимъ мы въ нашемъ сочиненіи заниматься не можемъ. На приложеніи „Центральная телефонная станція въ Берлинѣ“ (стр. 341) мы видимъ внутренность вполнѣ современнаго телефоннаго учрежденія.



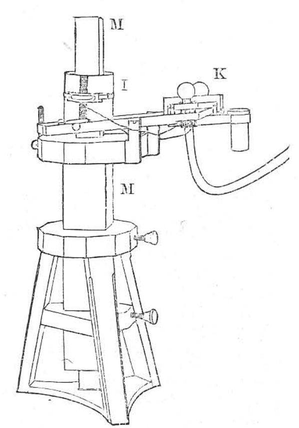
Гуссова станція отправленія. См. текстъ, стр. 340.

Мы видѣли, что спираль, по которой пробѣгаетъ гальваническій токъ, дѣйствуетъ во всѣхъ отношеніяхъ, какъ магнитъ, а потому мы въ правѣ примѣнить такую спираль, какъ магнитъ, для возбужденія индукціонныхъ токовъ въ другой спирали. Въ самомъ дѣлѣ, всѣ опыты, описанные на стр. 336 и далѣе, для которыхъ мы брали магнитъ и индукціонную катушку, удаются одинаково хорошо и съ двумя обмотанными проволокой катушками. Въ отличіе отъ разсмотрѣнной нами магнитной индукціи, этотъ способъ наведенія токовъ носитъ названіе индукціи Вольты. Если мы, напримѣръ, будемъ перемѣщать взадъ и впередъ надъ катушкой B, по которой протекаетъ гальваническій токъ, другую катушку A, въ которой до того тока не было, то въ ней получаются токи, какъ при передвиженіи магнита (см. чертежъ на стр. 352); можно поступить и иначе: располагаемъ обороты обмотки индукціонной спирали вокругъ той спирали, по которой будетъ проходить гальваническій токъ такъ, чтобы они уже не перемѣщались; каждый разъ какъ мы замыкаемъ или размыкаемъ токъ во второй спирали, въ первой появляются индукціонные токи, совершенно такъ, какъ это

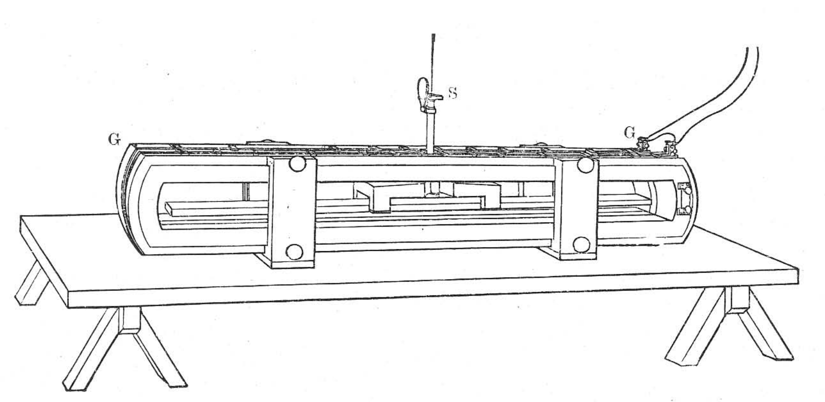


Гауссова станція полученія. См. текстъ, стр. 340.

было въ нашихъ опытахъ съ электромагнитомъ (см. стр. 337). Но пока „первичный“ гальваническій токъ течетъ равномѣрно, до тѣхъ поръ никакихъ индукціонныхъ токовъ не возникаетъ. Если мы желаемъ при этомъ устройствѣ прибора получать по возможности сильные индукціонные токи, мы должны позаботиться о томъ, чтобы замыканія и размыканія первичнаго тока слѣдовали одно за другимъ какъ можно быстрѣе. Достигается это при помощи приспосо-

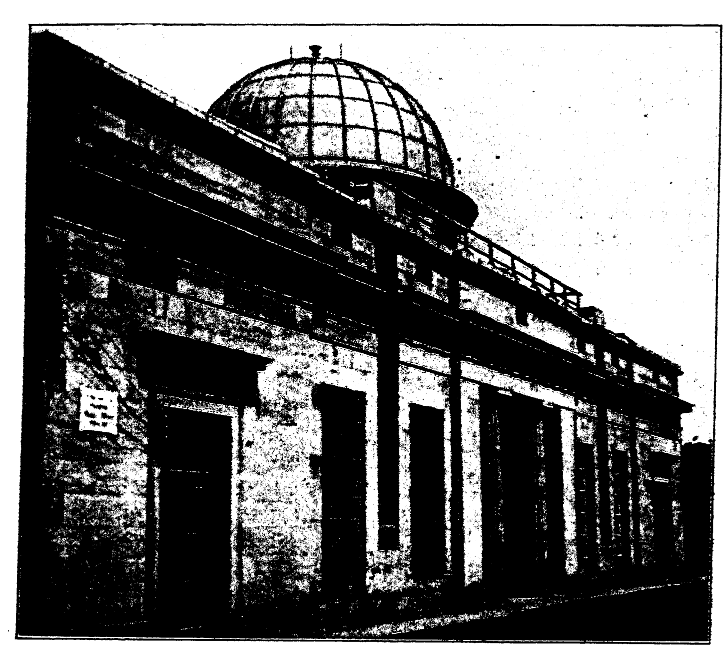


Гуссова станція от-
правленія. См. текстъ,
стр. 340.



Гауссова станція полученія. См. текстъ, стр. 340.

бленія, которое въ сущности не отличается отъ описаннаго нами вызывного звонка въ телефонѣ. Въ первичной спирали находится намагничиваемый токомъ желѣзный стержень, который долженъ оттягивать небольшой кусочекъ желѣза, устанавливающій контактъ съ батареей; токъ размыкается, пружина оттягиваетъ назадъ этотъ кусочекъ желѣза, не давъ ему даже прикоснуться къ электромагниту; токъ снова замыкается и такъ далѣе; такимъ образомъ возникаютъ очень быстрыя колебанія пружины, а, стало быть, и быстро смѣняющія другъ друга замыканія и размыканія тока. Приспособленіе это называется **прерывателемъ**. Приборъ описаннаго рода, состоящій изъ катушки первичнаго тока и окружающей ее индукціонной спирали, изъ желѣзнаго сердечника и прерывателя, а также нѣкоторыхъ усиливающихъ ихъ дѣйствіе приспособленій, о которыхъ мы говорить не будемъ, носитъ по имени своего изобрѣтателя названіе **Румкорфовой спирали**; она даетъ искры или, лучше сказать, цѣлыя тучи искръ, развѣтвляющіяся чрезвычайно характерно (см. рисунокъ стр. 352). При производствѣ многихъ опытовъ она является весьма важнымъ, а иногда даже необходимымъ приборомъ; при полученіи Рентгеновыхъ лучей токъ берутъ именно отъ такой спирали. Въ главѣ, посвященной такого рода лучамъ, на страницѣ 384 изображена примѣняющаяся въ этихъ опытахъ Румкорфова спираль.

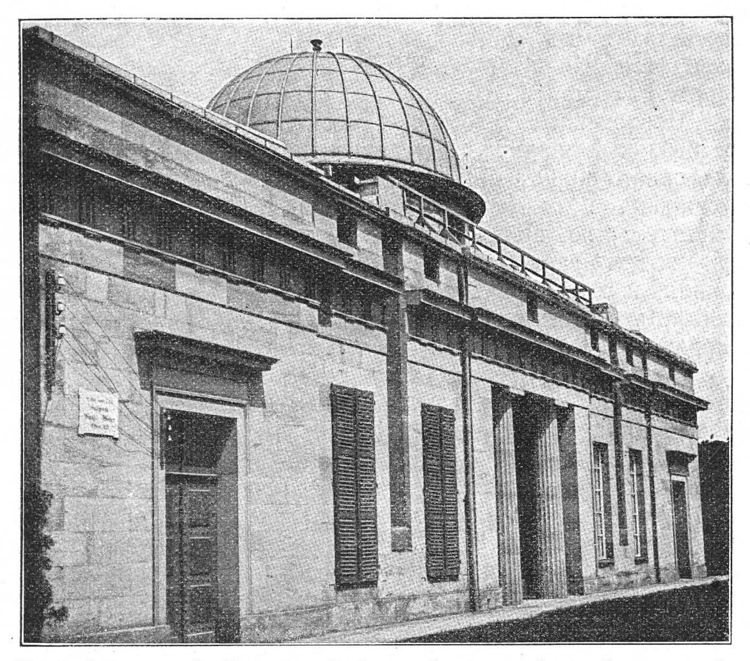


Первый телеграфъ Гаусса и Вебера: обсерваторія въ Геттингенѣ. См. текстъ, стр. 340.

На первый взглядъ можетъ показаться непонятнымъ, что мы прибѣгаемъ къ этого рода процедурѣ полученія индукціоннаго тока, когда у насъ уже имѣется съ самаго начала токъ гальваническій. Значитъ, вторичный токъ обладаетъ какими-нибудь особенными свойствами, которыхъ не имѣется у тока первичнаго. Одно изъ этихъ свойствъ бросается въ глаза сразу.

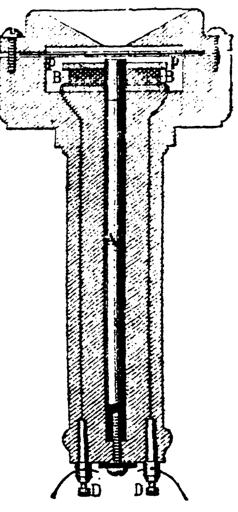
Какъ бы быстро ни слѣдовали другъ за другомъ эти перерывы, они непремѣнно будутъ вызывать приливы и отливы тока,—токъ будетъ течь то въ одномъ направленіи, то въ другомъ, обратномъ первому: токи, получающіеся въ силу замыканій и размыканій, имѣютъ направленія прямо противоположныя (см. стр. 338). Индукціонный токъ, который при той способности къ наблюденію, какой мы обладаемъ, представляется намъ текущимъ равномѣрно, на самомъ дѣлѣ онъ состоитъ изъ большого числа отдѣльныхъ импульсовъ.

Но не этому свойству обязанъ индукторъ своимъ значеніемъ. Самое важное то, что онъ является „**трансформаторомъ**" электрической силы. Мы знаемъ недостатокъ гальваническихъ батарей: мы знаемъ, что въ нихъ получается лишь незначительное напряженіе, между тѣмъ, какъ во многихъ случаяхъ, напримѣръ, для полученія разряда въ формѣ искры, необходимы большія напряженія. Если мы захотимъ поставить себя внѣ зависимости отъ очень часто „каприз-



Первый телеграфъ Гаусса и Вебера: обсерваторія въ Геттингенѣ.
См. текстъ, стр. 340.

ничающихъ“ подъ вліяніемъ сырого воздуха электростатическихъ машинъ и въ то же время примѣнить при такого рода опытахъ, требующихъ высокихъ напряженій, постоянный и удобный источникъ тока — гальваническую батарею, то намъ придется подумать о томъ, чтобы какъ-нибудь увеличить за счетъ амперовъ батареи ея вольты, то есть трансформировать ея силу. Указаніе въ этомъ направленіи даетъ законъ Ома: законъ этотъ между прочимъ указываетъ, что токи одинаковой силы въ узкихъ проводникахъ имѣютъ болѣе высокое напряженіе, чѣмъ въ проводникахъ болѣе толстыхъ.



Разрѣзъ телефонной трубки Белля. См. текстъ, стр. 342.

Замкнувъ батарею просто тонкой проволокой, мы, разумѣется, ничего бы не выиграли, потому что сопротивленіе ея уменьшало бы въ соотвѣтственной степени работу, получаемую нами отъ батареи. Теперь отказываются работать у насъ молекулярныя электростатическія машины, — раньше, бывало, переставали работать наши машины большихъ размѣровъ. Совсѣмъ не то будетъ, если первичный токъ пропускать сначала по толстой проволокѣ, гдѣ онъ можетъ развиваться совершенно безпрепятственно, но за то вторичную спираль сдѣлать изъ возможно болѣе тонкой и длинной проволоки. Получающійся въ такомъ приборѣ индукціонный токъ вводится такимъ образомъ въ узкое русло и потому, теряя въ амперахъ, выигрываетъ въ вольтахъ напряженія. Слѣдуя этому пути, мы можемъ получить при помощи обыкновеной батареи такія напряженія, которыя ничуть не уступятъ напряженіямъ въ электростатическихъ машинахъ.

Съ большимъ успѣхомъ примѣняются трансформаторы также при такъ называемой передачѣ силы электрическими токами. Мы уже нѣсколько разъ повторяли, что индукціонные токи даютъ намъ возможность получать электричество прямо изъ механической работы. Въ природѣ механическая сила имѣется во многихъ мѣстахъ; это именно тѣ мѣста, гдѣ воды устремляются быстро впередъ, гдѣ получается наибольшее давленіе, гдѣ больше, чѣмъ въ другихъ мѣстахъ потока его напряженіе, гдѣ больше „вольтовъ“: таковы быстрины потоковъ и водопады. Если къ тому же значительна и ширина потока „число его амперовъ“, то у насъ въ распоряженіи чуть не неисчерпаемый запасъ силы. Таковъ, напримѣръ, Ніагарскій водопадъ, который имѣетъ въ ширину нѣсколько километровъ и представляетъ собой грандіозное зрѣлище (см. таблицу „Ніагарскій водопадъ“, стр. 186). Этой силой давно уже пользуются; для этого устраиваютъ по близости отъ такихъ водопадовъ тюрбины и разные другіе механизмы.

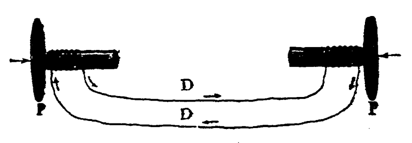
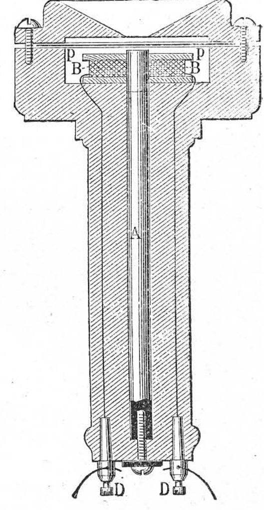


Схема принципа телефонированія. См. текстъ, стр. 342.

Но вблизи тѣхъ мѣстъ, гдѣ эти природныя силы могли бы быть израсходованы болѣе раціонально, вблизи большихъ городовъ, такихъ источниковъ силы, по большей части, не имѣется, а прямая передача силы воды стоила бы большихъ денегъ. Но въ послѣднее время къ намъ на помощь приходитъ электричество, этотъ всесвѣтный слуга, и служитъ намъ тутъ превосходно. Мы сейчасъ опишемъ, какимъ образомъ простое движеніе динамомашины, которую можно было бы прямо насадить на ось мельничнаго колеса, даетъ прямо электричество. Эти машины годятся также для превращенія электричества въ силу, то есть съ помощью ихъ можно приводить въ движеніе имѣющія различное назначеніе машины на фабрикахъ или же какой-нибудь станокъ мелкаго ремесленника. Для этого необходима большая сила, нужно много амперовъ; высокими напряженіями для этой цѣли пользоваться не приходится: но, благодаря этому условію, мы были бы поставлены въ необходимость прокладывать между источникомъ силы и мѣстомъ ея приложенія систему очень толстыхъ, для большихъ разстояній очень длин-



Разрѣзъ телефонной трубки Белля. См. текстъ, стр. 342.

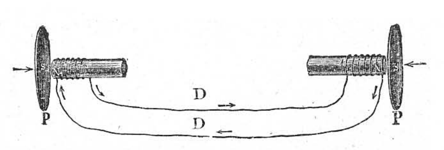
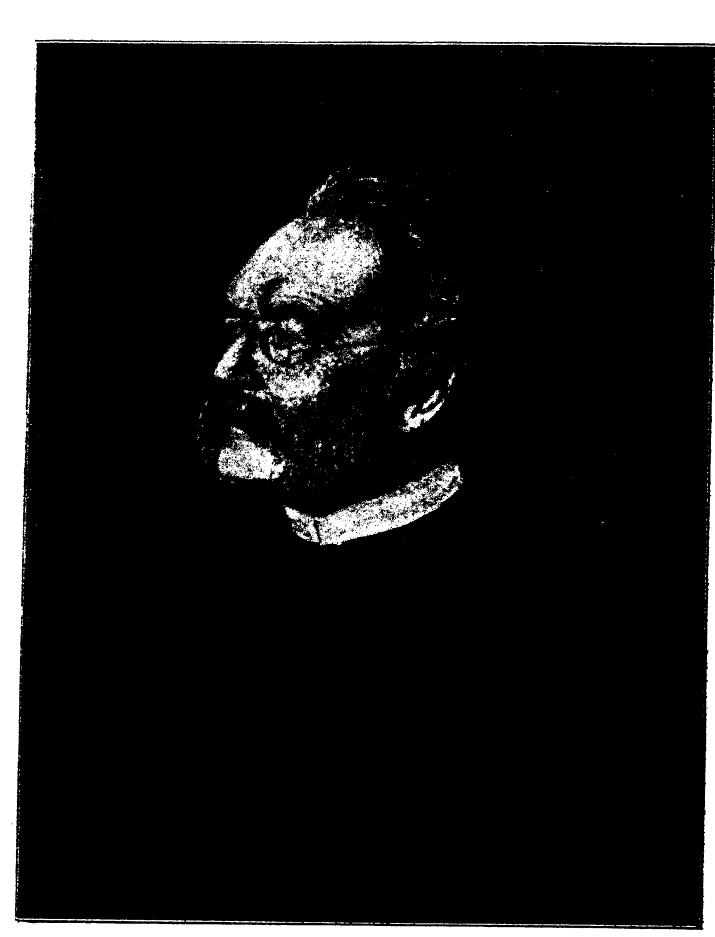


Схема принципа телефонированія. См. текстъ, стр. 342.

ныхъ, а, стало быть, и дорогихъ проводовъ: въ большинствѣ случаевъ прокладка такихъ проводовъ стоила бы дороже прямого проведенія водяной силы. Но при помощи трансформатора можно тутъ же на мѣстѣ преобразовать сильный токъ въ токъ высокаго напряженія; затѣмъ мы посылаемъ этотъ токъ по тонкой проволокѣ къ мѣсту, гдѣ требуется работа, тамъ, при помощи трансформатора, дѣйствующаго въ смыслѣ обратномъ, превращаемъ вольты тока въ амперы и, наконецъ, направляемъ этотъ преобразованный токъ въ тотъ или другой двигатель. Во время электротехнической выставки, бывшей во Франкфуртѣ въ 1891 г., для потребностей выставки пользовались, слѣдуя только что описанному пути, частью силы Неккара. Въ Лауфенѣ на Неккарѣ построили тюрбину, мощностью въ 300 лошадиныхъ силъ, которая приводила въ движеніе динамомашину, дававшую токъ въ 4000 амперъ при 55 вольтахъ напряженія. Этотъ токъ былъ преобразованъ въ трансформаторѣ въ токъ въ 27000 вольтъ напряженія при силѣ въ 8 амперъ, и затѣмъ его посылали по проволокамъ, имѣвшимъ толщину обыкновенныхъ телеграфныхъ, во Франкфуртъ, находящійся отъ Лауфена на разстояніи 175 км. Тамъ путемъ новаго преобразованія получали токъ въ 100 вольтъ; благодаря этому, онъ пріобрѣталъ силу въ 2000 амперъ. Такимъ образомъ, несмотря на длину пути и разнаго рода преобразованія изъ первоначальныхъ 220000 уаттовъ потеряно лишь какихъ-нибудь 20000, то есть около 10 процентовъ.



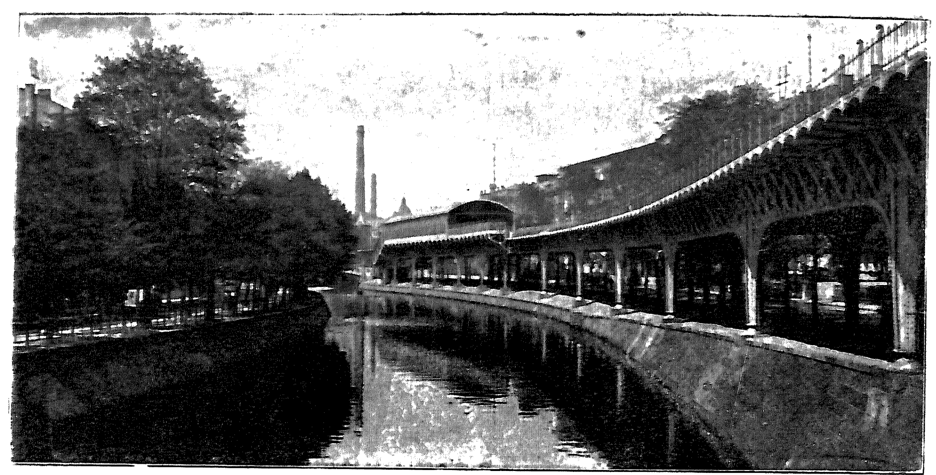
Вернеръ фонъ Сименсъ. См. текстъ, стр. 342.

При тѣхъ большихъ напряженіяхъ, съ какими приходится имѣть дѣло въ этихъ случаяхъ, необходима особенно тщательная изоляція проводовъ; въ трансформаторахъ нельзя ограничиться обматываніемъ проволоки однимъ шелкомъ. При такой изоляціи между отдѣльными оборотами проскакивали бы искры, устанавливалось бы соединеніе, а это уничтожило бы эффектъ, ожидаемый нами отъ трансформатора. Поэтому стали опускать катушки въ сосудъ съ масломъ, которое изолируетъ лучше шелка: это и будетъ **трансформаторъ** съ масляной изоляціей.

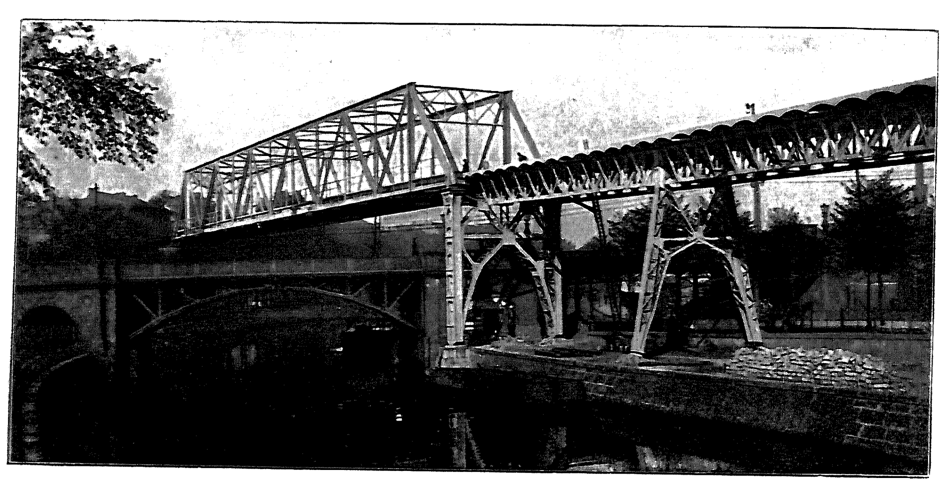
Въ послѣднее время техника передачи силы при помощи электричества идетъ впередъ быстрыми шагами. Мы умѣемъ передавать силу въ 10000 лошадиныхъ силъ въ мѣсто, находящееся отъ насъ на разстояніи 300 км., съ потерей всего въ 10 процентовъ: для этого нужны три провода толщиной въ карандашъ. Въ Германіи и Австріи производится теперь передача 180000 лошадиныхъ силъ,



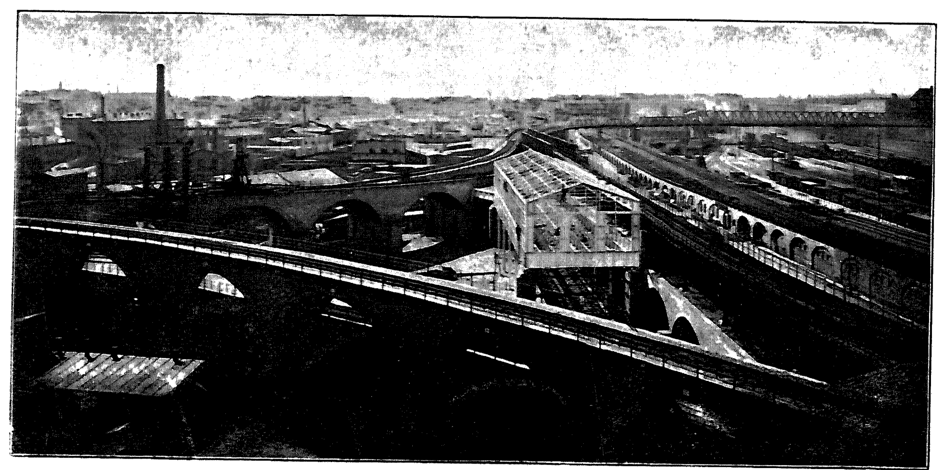
Вернеръ фонъ Сименсъ. См. текстъ, стр. 342.



1. Надземная желѣзная дорога по берегу Галле и станція Мöкернбрюке.



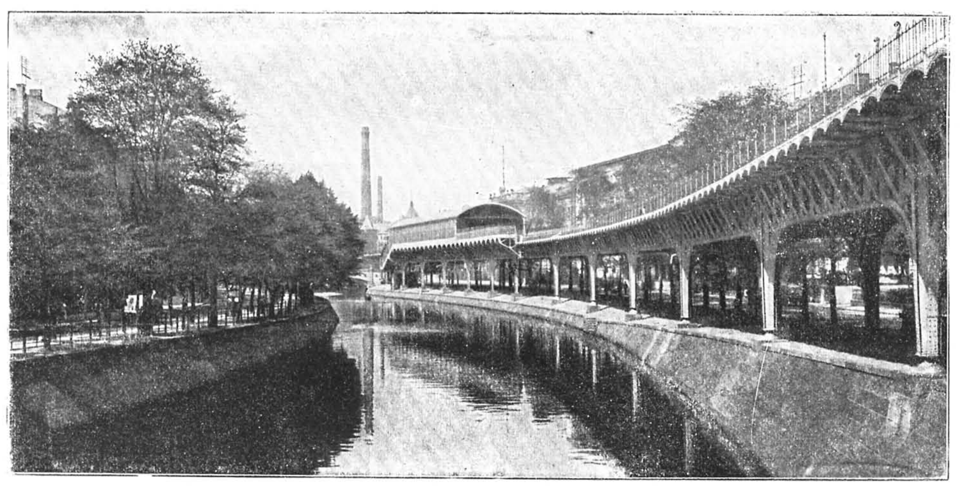
2. Мостъ ангальтской желѣзной дороги и мостъ черезъ каналъ.



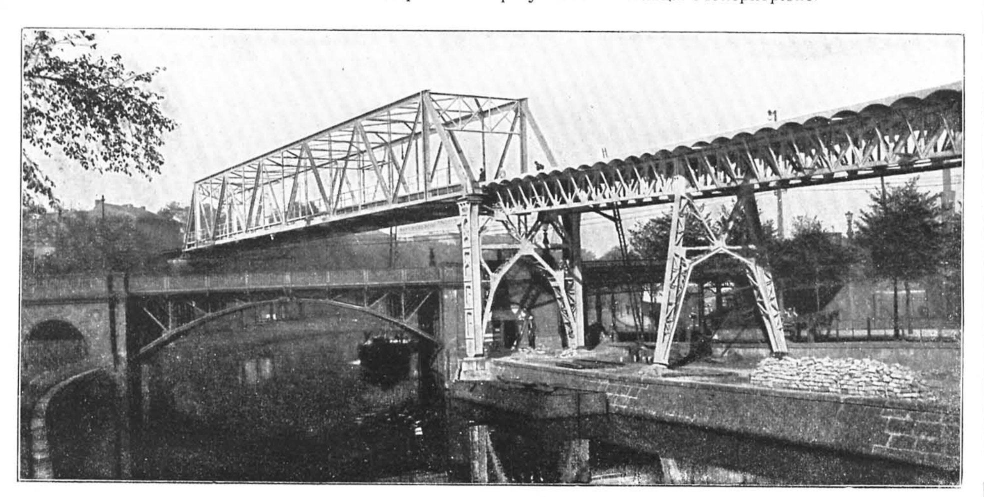
3. Треугольникъ между зоологическимъ садомъ и Потсдамской площадью.

Городскія электрическія дороги I.

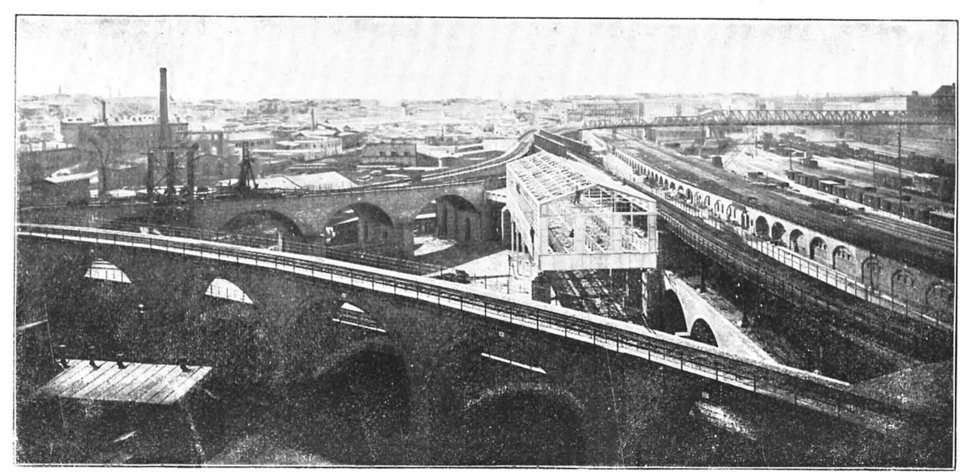
Электрическая надз мная дорога въ Берлинѣ.



1. Надземная желѣзная дорога по берегу Галле и станція Мöкернбрюке.



2. Мостъ ангальтской желѣзной дороги и мостъ черезъ каналъ.



3. Треугольникъ между зоологическимъ садомъ и Потсдамской площадью.

Городскія электрическія дороги I.

1. Надъ рѣкой.

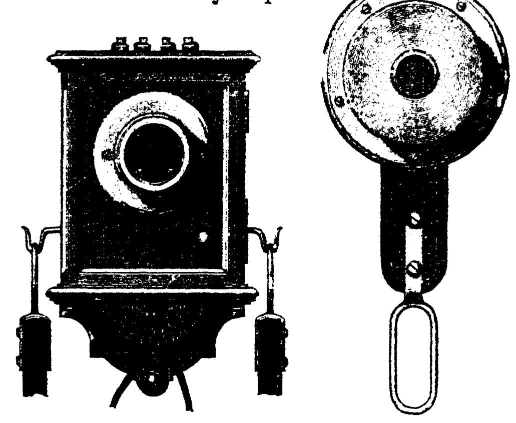
2. Надъ шоссе.

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Сп

Городскія электрическія дороги II.

Подвѣсная дорога (Барменъ-Эльберфельдъ-Фовинкель).

а во всемъ свѣтѣ, передается вѣроятно около 2 милліоновъ лошадиныхъ силъ. Но что значитъ эта работа по сравненію съ тѣмъ совершенно неизмѣримымъ запасомъ силъ природы, которыя до сихъ поръ не использованы! Вычислено, напримѣръ, что одни приливы и отливы у береговъ Франціи должны дать около 10 милліоновъ лошадиныхъ силъ.



Телефонный аппаратъ, съ висящими на немъ телефонными трубками, имѣющійся въ управленіи имперскихъ телефоновъ (Германія). b. Трубка. См. текстъ, стр. 342.

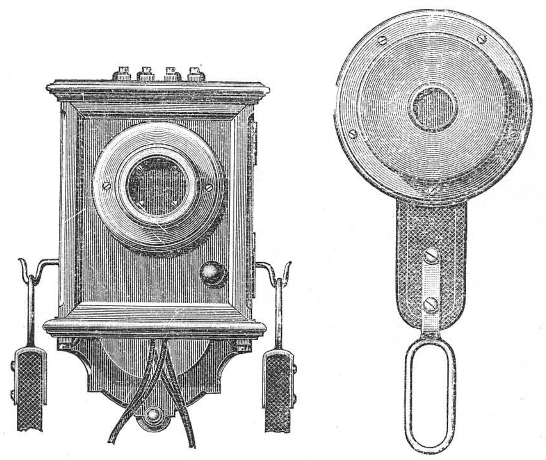
При устройствѣ на желѣзныхъ дорогахъ электрической тяги, которая захватываетъ теперь все большіе и большіе раіоны, превращеніе мощнаго тока въ токъ высокаго напряженія имѣетъ первостепенное значеніе: благодаря такому преобразованію, даже при тѣхъ большихъ разстояніяхъ, которыя теперь электрическіе локомотивы уже пробѣгаютъ, мы имѣемъ возможность пользоваться тонкими проводами; высокое напряженіе превращается затѣмъ въ такое напряженіе,которое наиболѣе пригодно для приведенія въ движеніе динамомашинъ, которыя, вращаясь, заставляютъ вагоны перемѣщаться. На приложеніи „Городскія электрическія дороги“ изображены современныя желѣзныя дороги съ электрической тягой. Въ послѣднее время производились опыты съ электровозами, пригодными и для большихъ разстояній. Такъ, напримѣръ, изображенный у насъ на стр. 353 электровозъ Сименса и Гальске движется со скоростью 160 км. въ часъ, то есть съ быстротой, превосходящей обыкновенную скорость нашихъ курьерскихъ поѣздовъ почти вдвое. Но не скорость составляетъ главное преимущество такихъ электровозовъ, предназначенныхъ для большихъ разстояній, для насъ важна сравнительно бо̀льшая безопасность этого рода тяги и въ нѣкоторыхъ случаяхъ ея значительная экономность. Позади поѣзда, приводимаго въ движеніе электричествомъ, токъ можетъ размыкаться тотчасъ же по проходѣ поѣзда автоматически, и потому столкновеніе поѣздовъ становится невозможнымъ.

На горныхъ дорогахъ съ электрической тягой пользуются силой, доставляемой всегда имѣющимися тамъ водными источниками. Дорога съ паровой тягой черезъ Бреннеръ расходуетъ на уголь ежегодно до милліона марокъ, между тѣмъ какъ по пути вездѣ имѣются неисчерпаемые источники силы водъ, предоставляемые прямо природой. Въ настоящее время при движеніи поѣзда съ горы внизъ тратится много угля на то, чтобы поддерживать необходимый контръ-паръ, но можно было бы тутъ приспособить такіе электрическіе механизмы, что движеніе поѣзда подъ вліяніемъ силы тяжести само давало бы электричество, которое мы и могли бы припасти.

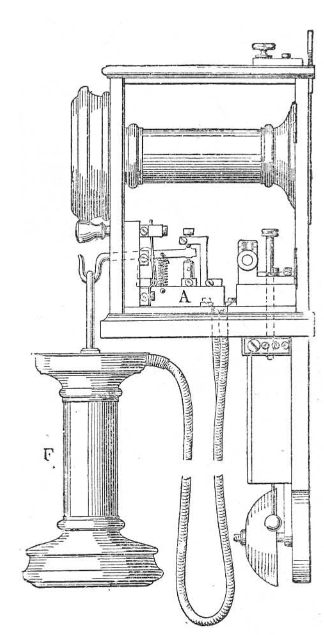
Продольный разрѣзъ телефона Сименса. См. текстъ, стр. 342.

Теперь ознакомимся въ общихъ чертахъ съ устройствомъ динамо-машинъ, при помощи которыхъ современная электротехника достигаетъ такихъ поразительныхъ результатовъ, съ принципомъ ихъ дѣйствія.

Вообразимъ себѣ постоянный подковообразный магнитъ M, передъ полюсами котораго вращаются двѣ индукціонныя спирали SS, и мы получимъ машину перемѣннаго тока, только надо, чтобы токъ, образующійся въ катушкахъ

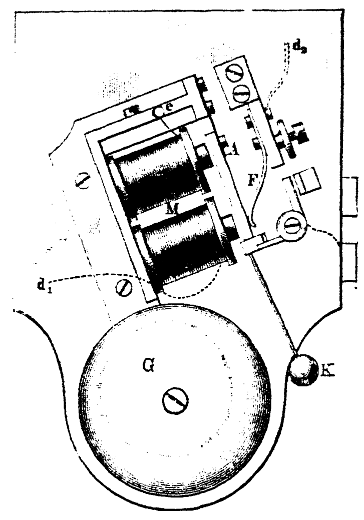


Телефонный аппаратъ, съ висящими на немъ телефонными трубками, имѣющійся въ управленіи имперскихъ телефоновъ (Германія). b. Трубка. См. текстъ, стр. 342.



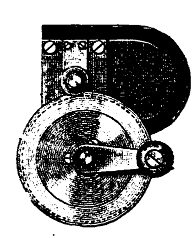
Продольный разрѣзъ телефона Сименса. См. текстъ, стр. 342.

при ихъ вращеніи, могъ уходить при помощи **скользящихъ контактовъ** cc, изображенныхъ на рисункѣ (стр. 354). Легко показать, что такая машина даетъ дѣйствительно перемѣнный токъ, то есть такой токъ, направленіе котораго при каждомъ оборотѣ катушекъ измѣняется. Мы разсматриваемъ индукціонный токъ, какъ своего рода противодѣйствіе. Мы можемъ сравнить его съ прибоемъ волнъ, разбивающихся о берега: здѣсь дѣйствуютъ большія давленія, и движеніе водъ подъ вліяніемъ ихъ измѣняетъ свое первоначальное направленіе. Гдѣ больше препятствія, тамъ сильнѣе и прибой. Такими препятствіями, если снова вернуться къ индукціоннымъ токамъ, являются и магнитныя силовыя линіи. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ такихъ линій больше, гдѣ онѣ ближе другъ къ другу, гдѣ, стало быть, катушка при вращеніи встрѣчаетъ много силовыхъ линій, тамъ получается наибольшій „индукціонный прибой". Въ нашей машинѣ это бываетъ тогда, когда катушки занимаютъ положеніе перпендикулярное къ линіи полюсовъ: при этомъ положеніи силовыя линіи, выбрасываемыя изъ полярныхъ поверхностей на манеръ фонтана, пересѣкаютъ обороты спиралей подъ прямымъ угломъ, и сопротивленіе достигаетъ наибольшей величины.



Телефонный звонокъ. См. текстъ, стр. 344.

Пусть въ этомъ положеніи токъ будетъ течь справа налѣво. Повернемъ катушки на четверть полнаго оборота; теперь силовыя линіи, идущія отъ одного полюса къ другому, будутъ параллельны оборотамъ катушекъ; обмотка не будетъ встрѣчать въ силовыхъ линіяхъ никакого сопротивленія, и токъ упадетъ до нуля. При новомъ измѣненіи положенія катушекъ на четверть оборота, токъ снова достигнетъ максимальной силы. Направленіе магнитнаго потока, вызывающаго нашъ индукціонный, очевидно, все время одно и то же, и потому индукціонный токъ долженъ течь, какъ и раньше изъ правой катушки въ лѣвую, но теперь положеніе самихъ катушекъ измѣнилось, теперь одна занимаетъ мѣсто другой, и вслѣдствіе этого во внѣшней цѣпи токъ долженъ принять направленіе обратное. Еще четверть оборота, и токъ снова прекращается и такъ далѣе. Этотъ простой приборъ позволяетъ, стало быть, получать перемѣнные токи безъ батареи, безъ Румкорфовой спирали, безъ прерывателей, и сила тока зависитъ, вообще говоря, отъ силы взятаго нами постояннаго магнита.

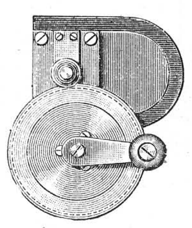


Рукоятка вызывного телефоннаго аппарата, при вращеніи которой возбуждается индукціонный токъ. См. текстъ, стр. 345.

Теперь мы подошли совсѣмъ близко къ тому, чтобы замѣнить нашъ постоянный магнитъ электромагнитомъ, пользуясь для возбужденія его тѣмъ самымъ токомъ, который у насъ получается. Мощность электромагнитовъ мы можемъ доводить до какой угодно степени, а потому при помощи машинъ этого рода можно получать несравненно болѣе сильные токи, чѣмъ раньше. Но, какъ легко видѣть, при этой схемѣ машины перемѣннаго тока непримѣнимы, потому что при перемѣнѣ направленія тока будутъ извращаться и магнитные полюсы, и обѣ системы силовыхъ линій, которыя должны образовать „прибой", будутъ слѣдовать одна за другой въ одномъ и томъ же направленіи, а, стало быть, и какъ бы уходить другъ отъ друга. Мы получаемъ однако возможность устроить машину по указанной нами схемѣ,—для этого надо идти по пути, указанному Пачинотти и Граммомъ; мысль ихъ и до сихъ поръ лежитъ въ основѣ устройства современныхъ динамо-машинъ.

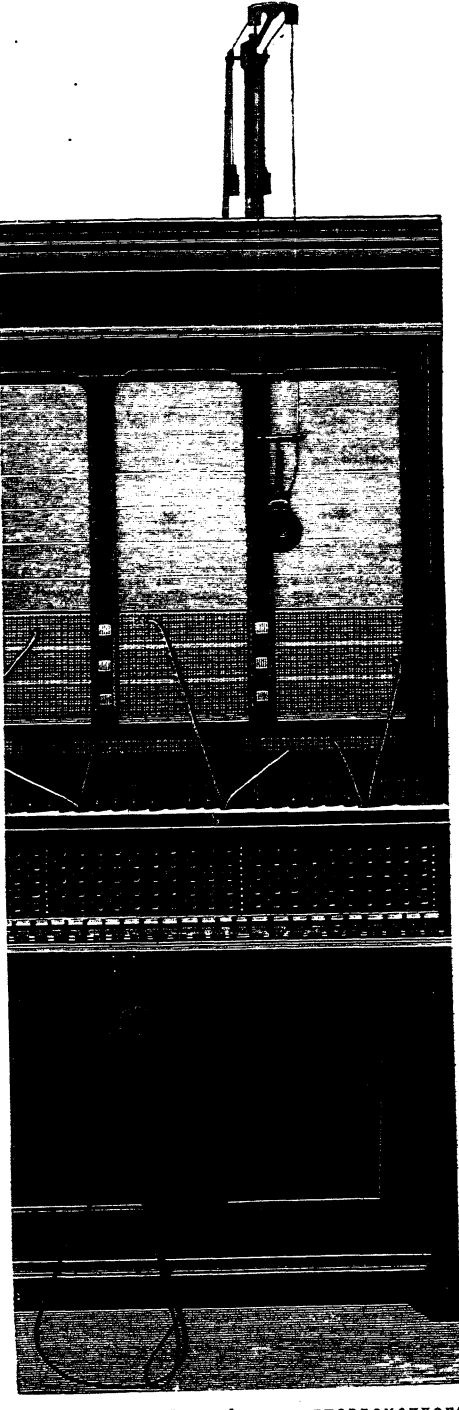
На стр. 354 у насъ изображена **машина постояннаго тока** въ наиболѣе простой и наглядной формѣ. Главными частями ея являются электромагнитъ ns, между полюсами котораго, напоминающими собой два прямыхъ магнита, только

Телефонный звонокъ. См. текстъ, стр. 344.



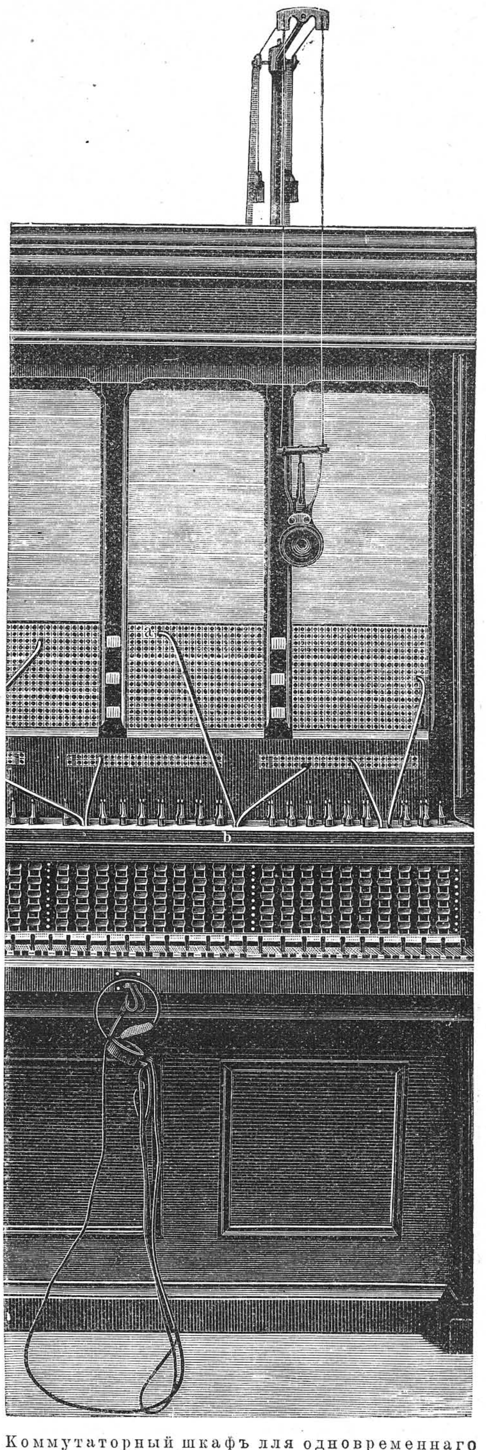
Рукоятка вызывного телефоннаго аппарата, при вращеніи которой возбуждается индукціонный токъ. См. текстъ, стр. 345.

соединенныхъ снизу желѣзной пластиной, находится такъ называемое кольцо Пачинотти ab. Назначеніе этого кольца, которое по большей части дѣлается изъ желѣза, втягивать въ себя, при вращеніи вокругъ своей оси, магнитныя силовыя линіи, которыя безъ него въ нашемъ случаѣ прямо устремлялись бы изъ одного полюса въ другой; такимъ образомъ кольцо Пачинотти стягиваетъ ихъ въ одно мѣсто, сгущаетъ и поэтому усиливаетъ ихъ дѣйствіе. Наши схематическіе чертежи (стр. 355) показываютъ, какимъ образомъ втягиваются кольцомъ или полымъ шаромъ силовыя линіи, какимъ образомъ происходитъ ихъ сближеніе между собой. Кольцо машины постояннаго тока обмотано мѣдной проволокой, и обороты ея черезъ одинъ соединены проводниками съ барабаномъ, сдѣланнымъ изъ изолирующаго матеріала и насаженнымъ на ось кольца. Проводники эти оканчиваются тутъ проволоками, которыя проходятъ поверхъ барабана по длинѣ его, по направленію, параллельному оси вращенія. Только тѣ обороты, которые въ данный моментъ находятся наверху и внизу, и будутъ соединены со внѣшней цѣпью; достигается это при помощи скользящихъ контактовъ, такъ называемыхъ щетокъ m и n. Эта внѣшняя цѣпь, какъ видно изъ рисунка, идетъ вокругъ полюсовъ магнитовъ и возбуждаетъ ихъ. Предположимъ, что полюсы уже возбуждены, тогда при вращеніи кольца въ обмоткѣ его получаются индукціонные токи, имѣющіе направленіе, указанное стрѣлкой. Въ точкахъ a и b эти токи пріобрѣтаютъ особенную силу, потому что тутъ кольцо сосредоточиваетъ въ себѣ наибольшее число силовыхъ линій, встрѣчающихъ обороты обмотки подъ прямыми углами. Тутъ-то и прилажены щетки, для отвода тока, который при этомъ расположеніи частей машины будетъ течь, какъ это видно изъ нашего рисунка, всегда въ одномъ и томъ же направленіи. Но такъ какъ въ желѣзѣ всегда имѣется нѣкоторое количество остаточнаго магнетизма, то машина при вращеніи должна начать работать сама собой сразу; дѣйствіе ея будетъ все усиливаться и усиливаться, причемъ величина его зависитъ отъ скорости вращенія, а потому максимумъ дѣйствія можетъ быть произвольно повышенъ, съ теоретической точки зрѣнія, одними механическими средствами.



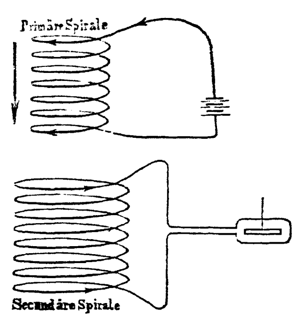
Коммутаторный шкафъ для одновременнаго соединенія нѣсколькихъ абонентовъ. См. текстъ, стр. 345.

Мы знаемъ, какіе гигантскіе размѣры приняло строительство динамо-машинъ,



Коммутаторный шкафъ для одновременнаго соединенія нѣсколькихъ абонентовъ.
См. текстъ, стр. 345.

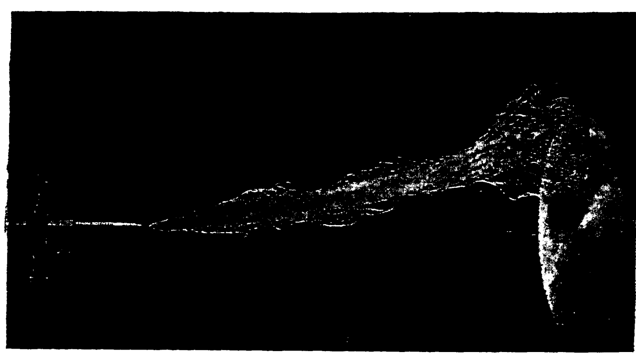
мы знаемъ, что и форма ихъ претерпѣла значительныя измѣненія по сравненію съ машинами перваго времени. Мы не будемъ входить въ разсмотрѣніе различныхъ типовъ динамо-машинъ, не будемъ останавливаться и на тѣхъ остроумныхъ приспособленіяхъ, которыя были вызваны современнымъ широкимъ примѣненіемъ электричества, мы ограничимся просто двумя рисунками теперешнихъ динамо-машинъ (стр. 356 и 357) и приложеніемъ, изображающемъ внутреннее устройство большой центральной электрической станціи (см. приложеніе „Центральная электрическая станція общ. „Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft“ въ Берлинѣ).



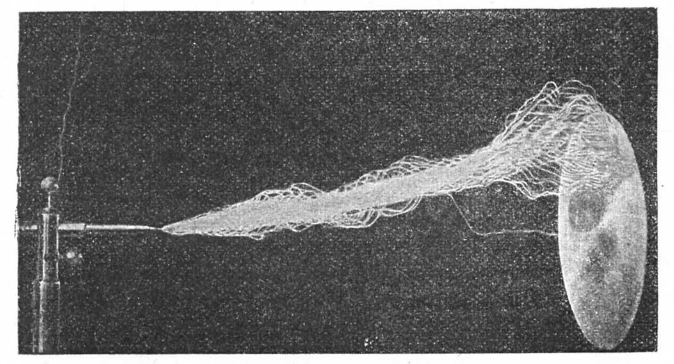
Первичная спираль. Вторичная спираль. Вольтова индукція. См. текстъ, стр. 345.

Изъ соображеній, приведенныхъ нами на стр. 345, слѣдуетъ, что напряженіе индукціоннаго тока возрастаетъ съ увеличеніемъ частоты прерываній первичнаго тока.

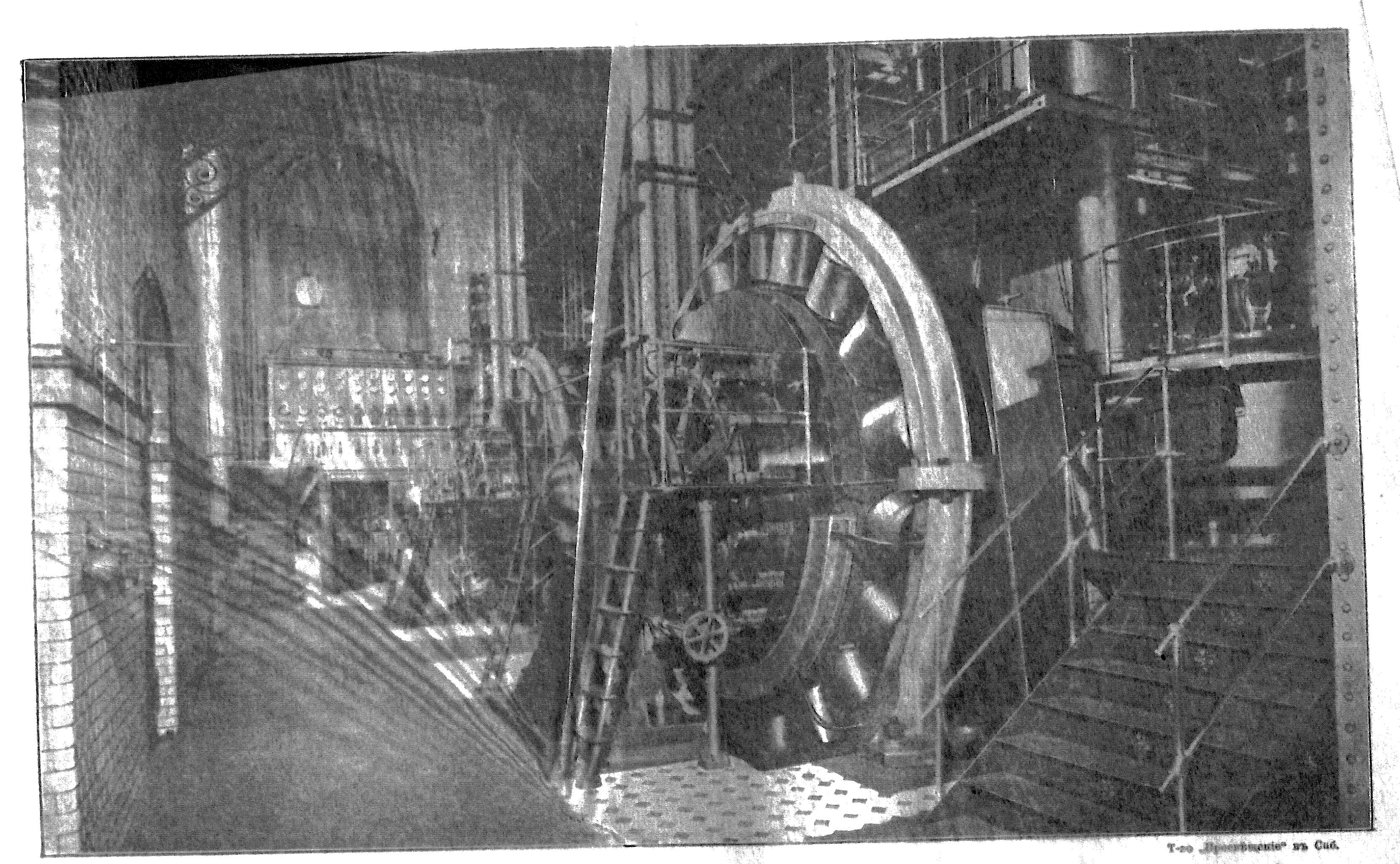
Пользуясь чисто механическими средствами, мы не можемъ увеличить эту частоту хоть сколько-нибудь значительно. Тесля напалъ на счастливую мысль примѣнить въ качествѣ прерывателя тока извѣстныя уже намъ колебанія разрядной искры (стр. 312). Ему удалось произвести съ токами до тѣхъ поръ совершенно невозможныхъ напряженій цѣлый рядъ опытовъ совершенно сказочнаго характера. На стр. 358 дана схема полученія такъ называемыхъ токовъ Тесля. Отъ индукціонной спирали A индукціонные токи направляются къ внутреннимъ обкладкамъ двухъ изолированныхъ лейденскихъ банокъ CC, имѣющихъ возможно большіе размѣры. По пути имѣется искровой промежутокъ J, въ которомъ обѣ лейденскихъ банки могутъ другъ друга разряжать. Этотъ разрядъ совершается колебательно черезъ промежутки времени, не превышающіе нѣсколькихъ стотысячныхъ и даже милліонныхъ долей секунды. Этотъ разрядъ относится не къ внѣшнимъ и внутреннимъ обкладкамъ банокъ вмѣстѣ, но исключительно къ обкладкамъ внутреннимъ. Черезъ такіе же промежутки времени вмѣстѣ съ этими колебаніями измѣняются и напряженія обѣихъ внѣшнихъ обкладокъ, которыя соединены другъ съ другомъ при помощи масляннаго трансформатора, который даже является первичной спиралью самого трансформатора. Токъ прерывается тутъ черезъ промежутки времени, измѣряемые милліонными долями секунды, благодаря чему во вторичной спирали S онъ вызываетъ тѣ токи Тесля, которые обладаютъ такимъ исключительнымъ напряженіемъ; токи эти могутъ проскакивать черезъ искровой промежутокъ DD. Такимъ образомъ тутъ на первый индукторъ какъ бы надѣтъ второй индукторъ, усиливающій дѣйствія перваго.


Разрядъ индукціоннаго прибора. См. текстъ, стр. 346.

Прежде всего эти токи Тесля, несмотря на свое огромное напряженіе, неопасны для человѣческаго организма, тогда какъ обыкновенные индукціонные токи той же силы представляются въ высокой мѣрѣ опасными. Постоянный токъ очень большой силы человѣческое тѣло можетъ не только выносить, оно не будетъ его даже ощущать. Для него опасны только колебанія тока, возбуждаемыя въ немъ, напримѣръ, индукціонными токами. Они вызываютъ въ немъ тѣ сокращенія, которыя наблюдалъ въ ножкахъ лягушки Гальвани при замыканіи и размыканіи слабаго гальваническаго тока, который онъ производилъ, самъ того не сознавая.



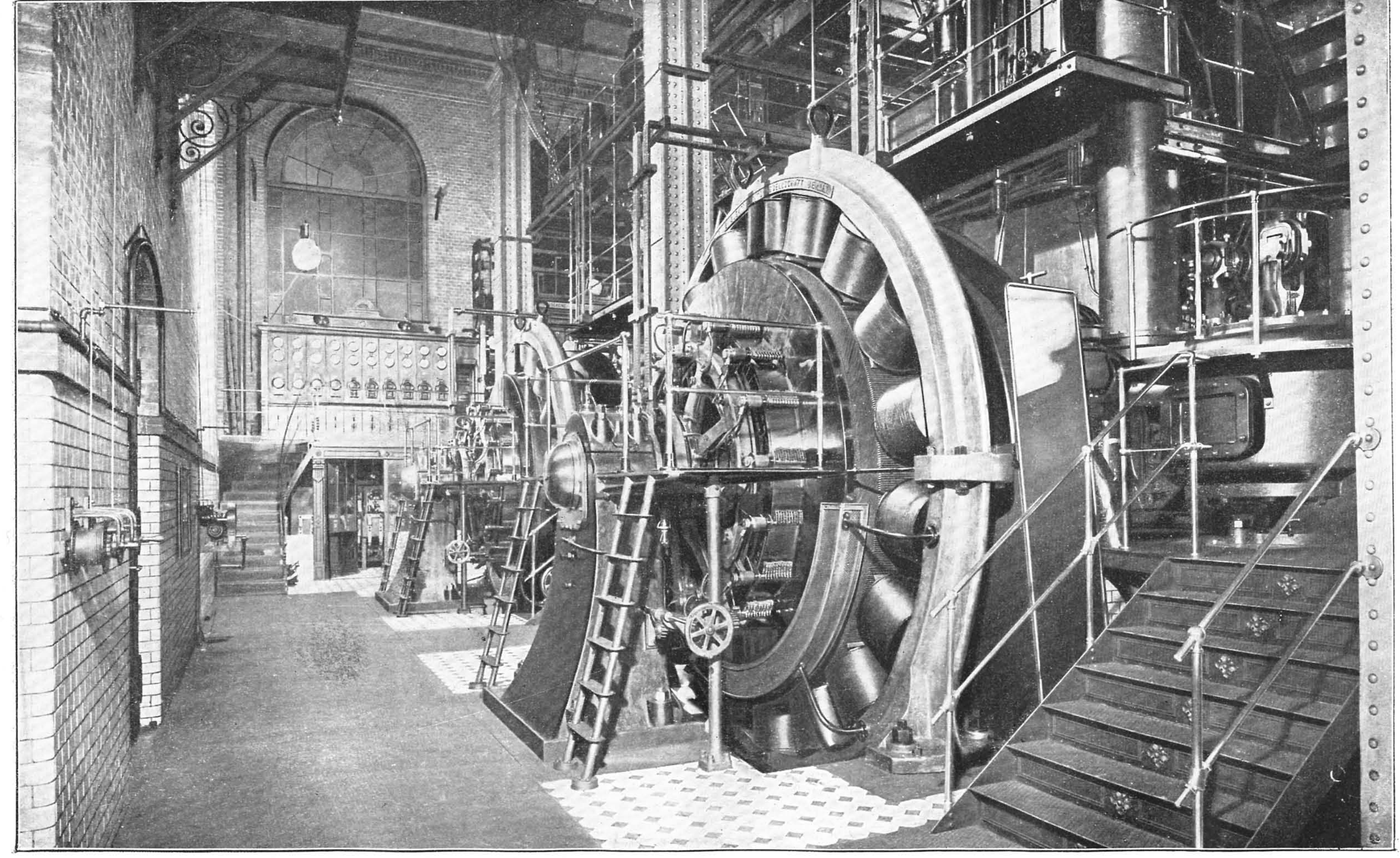
Разрядъ индукціоннаго прибора. См. текстъ, стр. 346.



Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Центральная электрическая станція общества „Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft“ въ Берлинѣ.

Съ фотографіи.

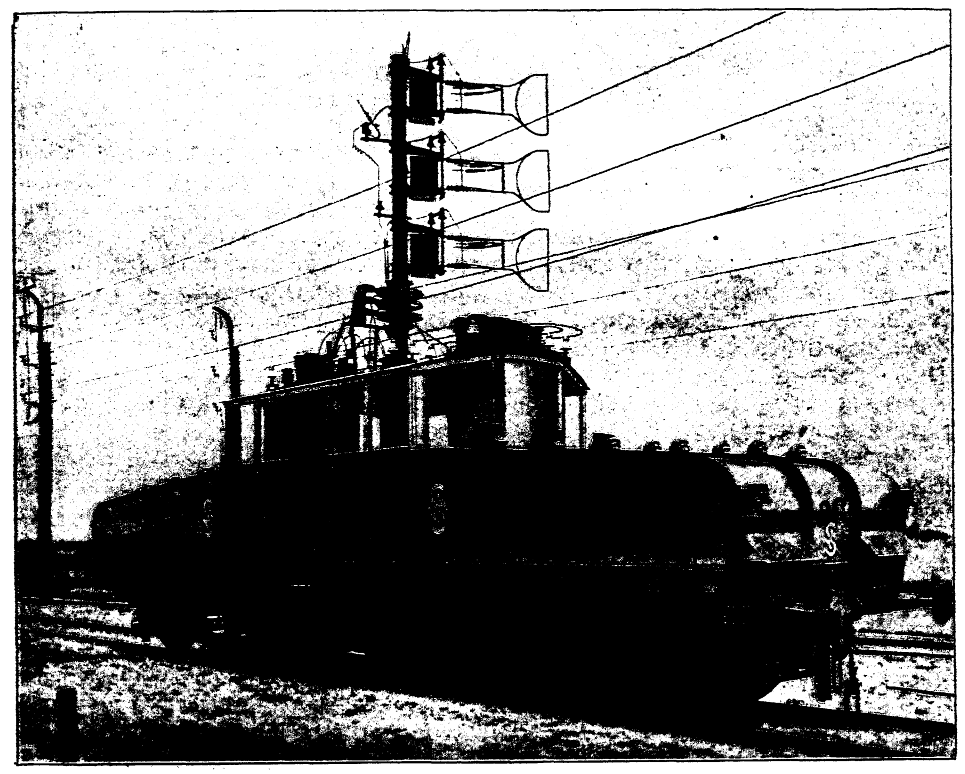


Жизнь природы. Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Центральная электрическая станція общества „Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft“ въ Берлинѣ.

Съ фотографіи.

Поэтому мы можемъ безъ всякой опасности пропускать черезъ тѣло постоянный токъ такой огромной силы, получающійся при помощи динамо-машины; но стоитъ машинѣ нѣсколько замедлить свой ходъ, и мы получимъ смертельный ударъ. Точно также опасно и первое прикосновеніе. Если же сначала пропускать слабый токъ, то потомъ можно постепенно довести его до весьма значительной силы. Совсѣмъ инымъ дѣйствіемъ обладаютъ индукціонные токи, получающіеся въ обыкновенныхъ индукціонныхъ спираляхъ: они постоянно мѣняютъ свое направленіе и потому ощущаются при весьма небольшой силѣ. Безопасность токовъ Тесля показываетъ, что для нашихъ мускуловъ существуетъ извѣстная предѣльная способность ощущенія, соотвѣтствующая опредѣленной частотѣ мускульныхъ сокра-

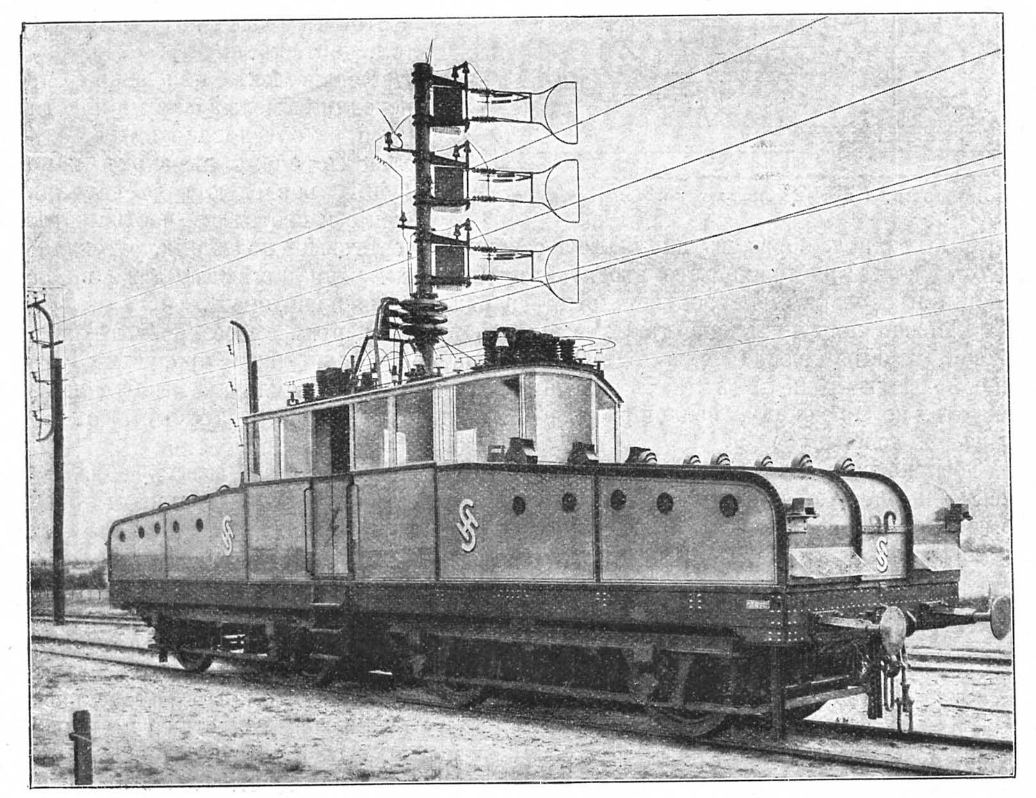


Быстроходный электровозъ системы Сименса и Гальске. См. текстъ, стр. 349.

щеній, подобно тому, какъ ухо и глазъ могутъ воспринимать только тѣ волны, которыя лежатъ въ извѣстныхъ предѣлахъ чиселъ колебаній. Токи Тесля имѣютъ столь значительную частоту, что воспринимаются мускулами какъ дѣйствіе цѣльное, какъ токъ постоянный.

Уже при помощи обыкновенной Румкорфовой спирали можно повторить все то, что мы наблюдали въ опытахъ съ статическимъ электричествомъ, при которыхъ мы пользовались электростатической машиной: тутъ снова къ нашимъ услугамъ тѣ высокія напряженія, которыя заставляютъ электричество стекать въ значительныхъ количествахъ въ резервуары, въ кондукторы. Между концами обмотки индукціонной спирали мы можемъ получать искры значительной длины. При примѣненіи токовъ Тесля, получаются искры несравненно большія. На рисункѣ, помѣщенномъ на стр. 358, мы видимъ изобрѣтателя этихъ токовъ, который сидитъ цѣлъ и невредимъ въ то время, какъ надъ нимъ проносятся молніи.

Мы можемъ разомкнуть цѣпь, по которой проходятъ токи Тесля, и прикрѣпить къ обоимъ концамъ проводовъ по металлической пластинкѣ (см. чертежъ на



Быстроходный электровозъ системы Сименса и Гальске. См. текстъ, стр. 349.

стр. 359), тогда въ промежуткѣ между ними подъ вліяніемъ накопляющагося на нихъ электричества высокаго напряженія образуется столь сильное электрическое поле, что въ немъ происходятъ такія явленія, на первый взглядъ совершенно уму непостижимыя.

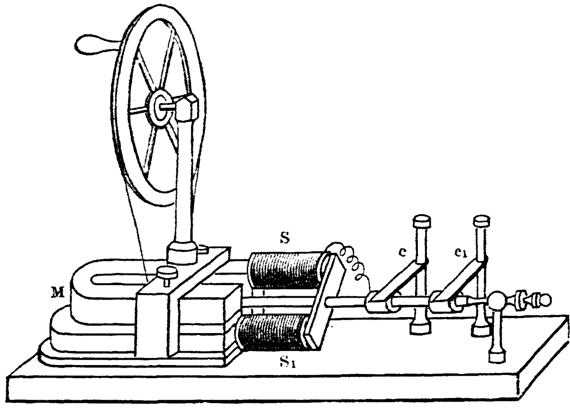
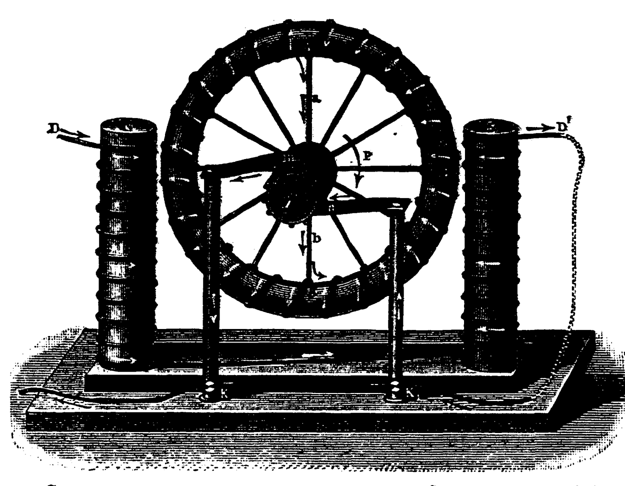


Схема машины перемѣннаго тока. См. текстъ, стр. 350.

Въ этой атмосферѣ электричества, которая, вообще говоря, не даетъ знать о себѣ ничѣмъ, начинаютъ свѣтиться такъ называемыя гейсслеровы трубки, въ которыхъ находятся газы въ состояніи высокаго разрѣженія (см. чертежъ на стр. 371). Электрическія колебанія эѳира, происходящія между обѣими пластинками, обусловливаемыя дѣйствіемъ очень высокихъ напряженій, вовлекаютъ въ свое движеніе и свободныя частички газа, которыя такимъ образомъ начинаютъ совершать свѣтовыя колебанія. Стеклянную трубку вовсе не приходится вводить въ цѣпь, ее можно помѣщать даже на разстояніи нѣсколькихъ метровъ отъ этихъ заряженныхъ пластинокъ.

Можно поступить еще такъ: возьмемъ въ одну руку гейсслерову трубку, а другой рукой прикоснемся къ одной изъ пластинокъ или даже пропустимъ токъ черезъ цѣлую цѣпь лицъ; какъ въ томъ, такъ и другомъ случаѣ мы будемъ наблюдать, по прежнему, свѣченіе, для чего достаточно брать трубку только за одинъ ея конецъ.

Обыкновенно, свѣтовыя явленія въ такихъ разрѣженныхъ газахъ обладаютъ весьма незначительной яркостью (свѣченіе это называютъ мерцательнымъ разрядомъ); напротивъ того, въ такъ называемой **лампѣ** Тесля мы имѣемъ свѣтъ значительно болѣе яркій, и самъ изобрѣтатель даже назвалъ его „свѣтомъ будущаго". Въ этой лампѣ, подъ вліяніемъ „индукціонныхъ токовъ большой частоты", раскаляются извѣстныя минеральныя вещества, причемъ для этого не надо даже приводить лампу въ соединеніе съ источникомъ электричества. Итакъ это — электрическая лампочка накаливанія безъ проводовъ; мы можемъ ее пустить прямо на воду.


Схема машины постояннаго тока. См. текстъ, стр. 350.

Тесля, который, какъ мы уже упоминали въ самомъ началѣ нашего знакомства съ электрическими явленіями, обладаетъ пылкой фантазіей и въ то же время большимъ умѣніемъ воплощать свои идеи въ дѣйствительность, соединяетъ съ своимъ открытіемъ этого „свѣта будущаго" перспективы, совершенно исключительныя по широтѣ. Болѣе высокіе слои нашей атмосферы занимаютъ по отношенію къ слоямъ, находящимся ближе къ земной поверхности, совершенно то же положеніе, что разрѣженный воздухъ въ гейсслеровыхъ трубкахъ по отношенію къ окружающему воздуху. Эти то высокіе слои и представляютъ собой то мѣсто,

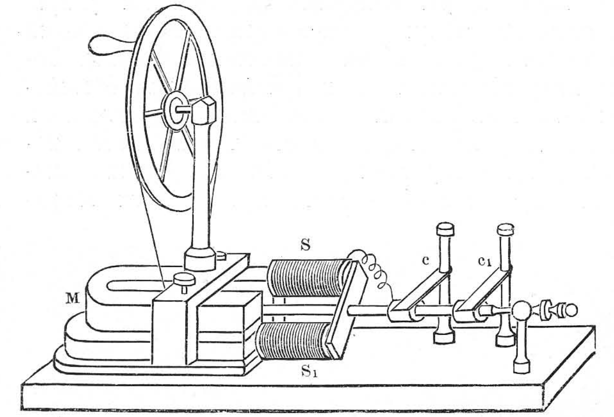
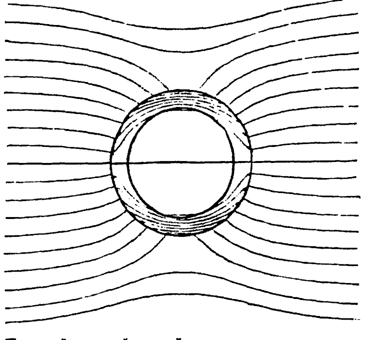


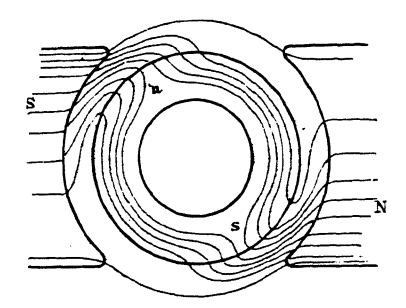
Схема машины перемѣннаго тока. См. текстъ, стр. 350.

Схема машины постояннаго тока. См. текстъ, стр. 350.

въ которомъ происходятъ полярныя сіянія; сіяніе это по существу своему имѣетъ много общаго съ тѣмъ мерцаніемъ, которое наблюдается въ гейсслеровыхъ трубкахъ. Если бы удалось довести поле токовъ Тесля до этихъ областей (что въ настоящее время является лишь вопросомъ денегъ), то мы могли бы освѣтить атмосферу собственной ея силой и разлить на цѣлыя земли равномѣрный свѣтъ, который вытѣснилъ бы наше разбросанное отдѣльными участками ночное освѣщеніе. Фантазія, окрыленная успѣхами физики, позволяетъ думать о тѣхъ далекихъ временахъ, когда идущая впередъ могучими шагами техника, которой мы уже теперь обязаны настоящими чудесами, позволитъ намъ такимъ путемъ замѣнить свѣтъ угасающаго солнца, и такимъ образомъ, овладѣвая все больше и больше предоставленными ему силами природы, человѣкъ будетъ чувствовать себя все болѣе и болѣе независимымъ отъ лученоснаго охранителя всего живого міра. Въ настоящее время всѣ тѣ силы, которыми мы пользуемся въ техникѣ, получаются всевозможными окольными путями изъ солнца. Только электричество, получающееся при соприкосновеніи различныхъ тѣлъ въ зависимости отъ той или другой степени ихъ сродства, является тѣмъ источникомъ силы, который зависитъ исключительно отъ свойствъ веществъ, находящихся на землѣ. Такимъ образомъ соприкосновеніе тѣлъ будетъ тѣмъ источникомъ электричества и силы, который сохранитъ свое значеніе и въ самомъ отдаленномъ будущемъ.

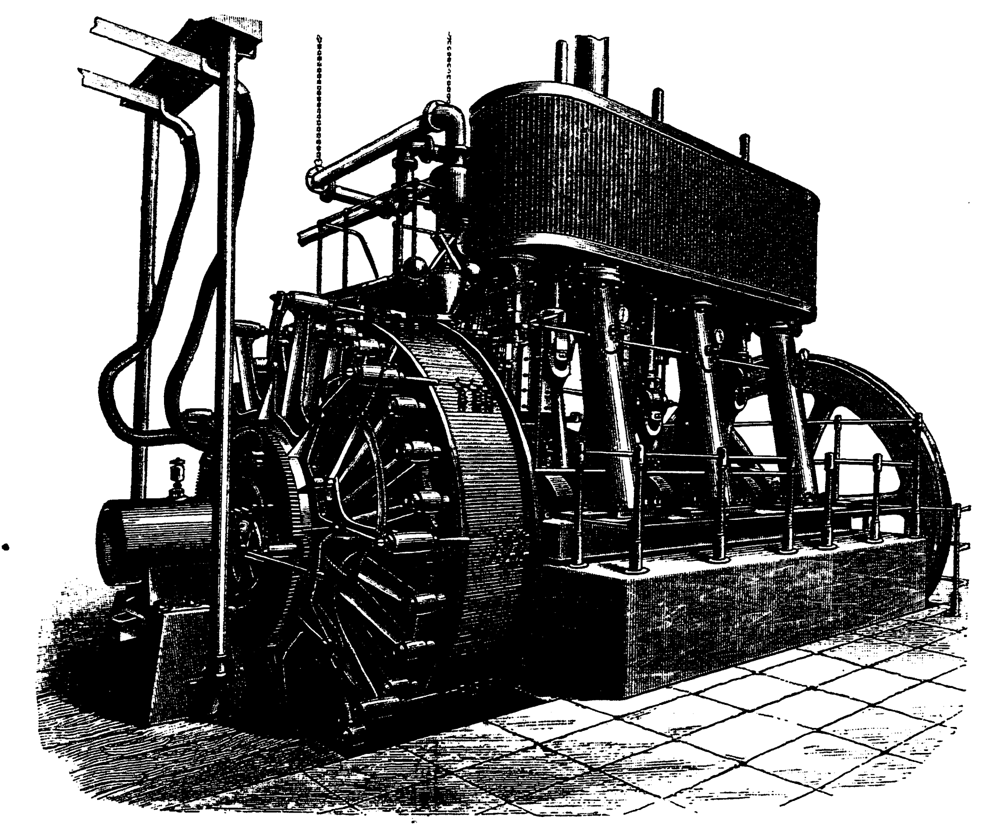

Полый желѣзный шаръ въ однородномъ магнитномъ полѣ. См. текстъ, стр. 351.

До этого времени никогда не приходилось получать при пользованіи токами большей частоты столь обширнаго поля, а потому только теперь могла явиться на первый взглядъ даже слишкомъ дерзкая мысль о подачѣ сигналовъ на отдаленныя станціи исключительно при помощи этого электрическаго поля, объ изобрѣтеніи телеграфа безъ проводовъ. Первымъ добился практическихъ результатовъ въ этой области Маркони. Извѣстно было только то, что проводимость небольшой трубки GG, наполненной желѣзными опилками P (см. рис. на стр. 359), подъ вліяніемъ колебаній эфира въ электрическомъ полѣ сильно измѣняется, что при этомъ можетъ прійти въ движеніе релэ, присоединенное къ нему проводами E_1 E_2, которое въ свою очередь будетъ приводить въ движеніе обыкновенный морзевскій аппаратъ. Желѣзныя опилки располагаются по направленію силовыхъ линій электрическаго поля и образуютъ такимъ образомъ какъ бы одинъ сплошной магнитъ. Поэтому дѣйствіе трубки послѣ перваго момента должно тотчасъ же прекратиться, но чтобы этого не произошло, мы постоянно сообщаемъ трубкѣ легкія сотрясенія, которыя допускаютъ эту группировку частицъ желѣза лишь на одно мгновеніе, лишь для того, чтобы онѣ могли произвести требуемое дѣйствіе. Такая трубка, снабженная всѣми необходимыми приспособленіями носитъ названіе когёрера (или Fritter'a). При помощи этого небольшого инструмента мы можемъ, пользуясь несравненно болѣе слабыми токами, чѣмъ тѣ, которые требуются для токовъ Тесля, но все же токами высокаго напряженія, передавать телеграммы въ пункты, отстоящіе отъ насъ на разстояніи многихъ километровъ; для этого намъ не надо никакихъ проводовъ, достаточно одного воздуха. Лежащіе по пути города съ ихъ домами, телеграфными и телефонными проволоками ничуть не мѣшаютъ этому телеграфированію. Развѣ не



Линіи равнаго потенціала въ кольцѣ Пачинотти. См. текстъ, стр. 351.

чудо, что два якоря двухъ аппаратовъ Морзе, изъ которыхъ одинъ находится въ Шамони у подошвы Монблана, а другой на его вершинѣ, на разстояніи 12 клм. по прямой линіи отъ перваго, на высотѣ 3350 м. надъ нимъ, въ одно и то же время совершаютъ одни и тѣ же движенія, несмотря на то, что они находятся въ закрытыхъ помѣщеніяхъ и, повидимому, ничѣмъ не соединены: такъ работать могутъ, по нашимъ обычнымъ представленіямъ, только соединенные механизмами приборы. При такихъ опытахъ, произведенныхъ въ Августѣ 1899 Жаномъ и Луи Лекармомъ, облака по временамъ заволакивали вершину. Позже были предприняты опыты телеграфированія съ воздушнаго шара, въ которыхъ участво-

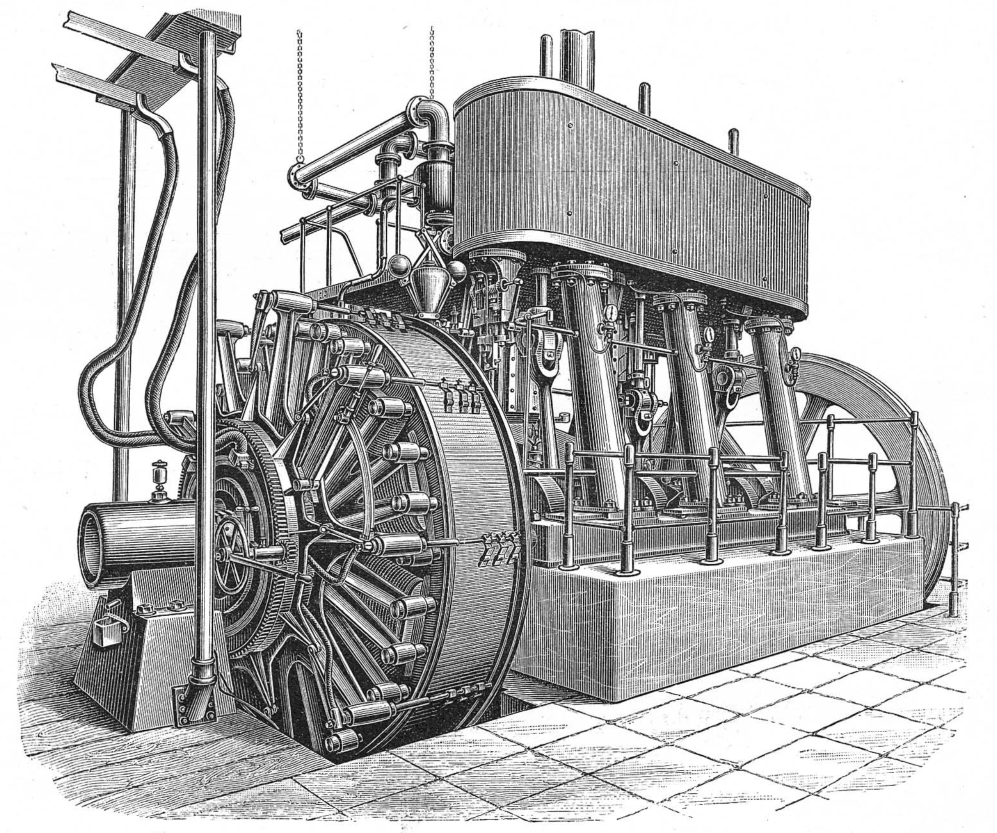


Машина постояннаго тока Сименсъ и Гальске. См. текстъ, стр. 352.

валъ также устроитель обсерваторіи на Монбланѣ Балло, причемъ при высотѣ въ 800 м. и разстояніи въ 5—6 км. по горизонтальному направленію можно было понимать телеграммы вполнѣ отчетливо.

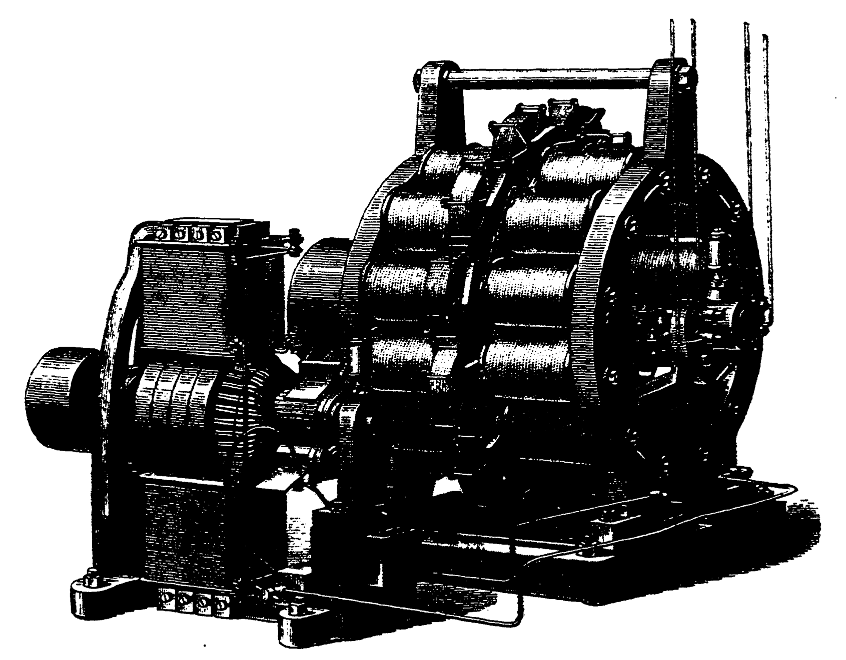
Маркoніевъ телеграфъ, несмотря на густой туманъ на ламаншскомъ каналѣ сослужилъ свою службу при спасеніи потерпѣвшихъ кораблекрушеніе: онъ позволялъ сообщаться людямъ, находившимся на маякѣ въ South-Fareland'ѣ и на потерпѣвшемъ аварію кораблѣ.

На нашемъ чертежѣ на стр. 360 изображено расположеніе приборовъ при безпроволочномъ телеграфированіи. На станціи отправленія I ключъ T замыкаетъ батарею a и приводитъ въ дѣйствіе индукціонную спираль J; между шариками, обозначенными цифрами 1, 2, 3, 4 при этомъ проскакиваютъ искры. 3 и 4 погружены въ масло, такъ что при разрядѣ мы имѣемъ здѣсь весьма значительныя напряженія, а потому посылаемыя отсюда волны могутъ распространяться въ свою очередь на значительныя разстоянія. На станціи полученія II онѣ попадаютъ въ когёреръ, причемъ желѣзныя опилки располагаются въ когёрерѣ такъ, что токъ въ батареѣ



Машина постояннаго тока Сименсъ и Гальске. См. текстъ, стр. 352.

В замыкается. Этотъ токъ дѣйствуетъ на релэ К, которое замыкаетъ токъ въ сильной мѣстной батареѣ D, причемъ имѣющійся тутъ звонокъ R начинаетъ звонить. Механизмъ звонка устроенъ такъ, что онъ все время приводитъ въ сотрясеніе когёреръ и такимъ образомъ поддерживаетъ его дѣйствіе. Въ токъ мѣстной батареи введенъ также обыкновенный пишущій аппаратъ Морзе, который, какъ всегда, проводитъ болѣе длинныя и болѣе короткія черточки въ зависимости отъ того, надавливаютъ ли на ключъ аппарата станціи отправленія болѣе или менѣе продолжительное время. Второй рисунокъ (стр. 361) представляетъ станцію безпроволочнаго телографа на океанскомъ пароходѣ съ имѣющимися на ней инструментами. Наконецъ, на третьемъ рисункѣ (стр. 362) мы видимъ домикъ, устроенный на Гельголандѣ, служащій мѣстомъ полученія и отправленія въ от-

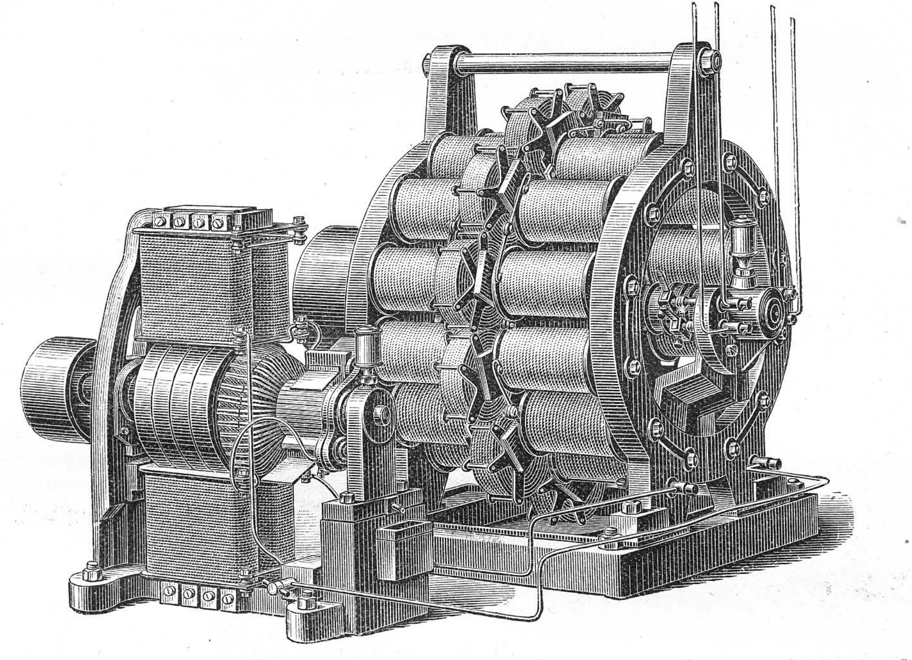


Сименсова машина перемѣннаго тока въ соединеніи съ машиной, ее возбуждающей. См. текстъ, стр. 352.

крытое море электрическихъ волнъ такого рода. Передъ нами мачта въ 40 метр. высоты, къ которой прикрѣплена проволочная сѣтка; она обладаетъ высокой чувствительностью къ воспринятію волнъ, препровождаемыхъ далѣе въ когёреръ. Кромѣ того, на рисункѣ, имѣющемся на стр. 363, мы воспроизводимъ подлинную телеграмму, полученную этой станціей 19 октября 1901 года.

На регулярно дѣйствующихъ германскихъ станціяхъ безпроволочнаго телеграфа, которыя оффиціально называются „Funkensprungstationen", правильное сообщеніе поддерживается уже на разстояніяхъ до 200 клм.

Въ настоящее время конкурируютъ между собой главнымъ образомъ двѣ системы: система Слаби (Allgemeine Elektricitätsgesellschaft) и система Брауна (Сименсъ и Гальске). Въ практическомъ отношеніи первостепенное значеніе получаетъ такое устройство телеграфа, при которомъ посылаемыя въ пространство волны отчетливо воспринимаются непремѣнно тѣмъ аппаратомъ, для котораго онѣ предназначены, а не какимъ-либо другимъ аппаратомъ, помѣщеннымъ въ то же электрическое поле. Достигнуть этого можно, устраивая аппараты такъ, чтобы они отвѣчали на волны только одной опредѣленной длины. Мы знаемъ, что изъ ряда камертоновъ на опредѣленный тонъ отвѣчаетъ только тотъ, число колебаній котораго равно числу колебаній этого тона или составляетъ съ нимъ простое от-



Сименсова машина перемѣннаго тока въ соединеніи съ машиной, ее возбуждающей.
См. текстъ, стр. 352.

ношеніе: точно также можно подобрать и приборы, которые посылають и воспринимають электрическія волны: съ одной стороны, мы отправляемъ волны только опредѣленной длины, для чего разряды лейденскихъ банокъ мы посылаемъ по проволокамъ соотвѣтственной длины, не составляющимъ однако замкнутой цѣпи, а, съ другой стороны, вводимъ проволоки совершенно такой же длины и въ воспринимающій приборъ. Ихъ „резонансное" дѣйствіе усиливаетъ поступающія сюда волны одной и той же или извѣстнымъ образомъ подобранной длины, и такимъ образомъ, подъ вліяніемъ этихъ волнъ, воспринимающій аппаратъ будетъ работать. Обыкновенно на практикѣ пользуются волнами приблизительно въ 100 м. длины, а для полученія резонатора берутъ проволоки въ четверть такой длины, то есть приблизительно въ 25 м., которыя, разумѣется, могутъ быть какъ угодно свернуты. На съѣздѣ естествоиспытателей въ Карлсбадѣ въ 1902 году Фоллеръ (Гамбургъ) произвелъ рядъ опытовъ и показалъ, что измѣненіе длины этой проволоки на 1 метръ влечетъ за собой разстройство дѣйствія аппаратовъ.

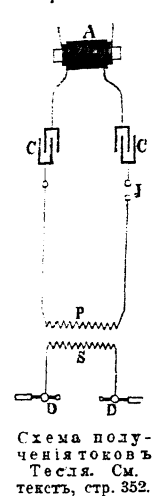
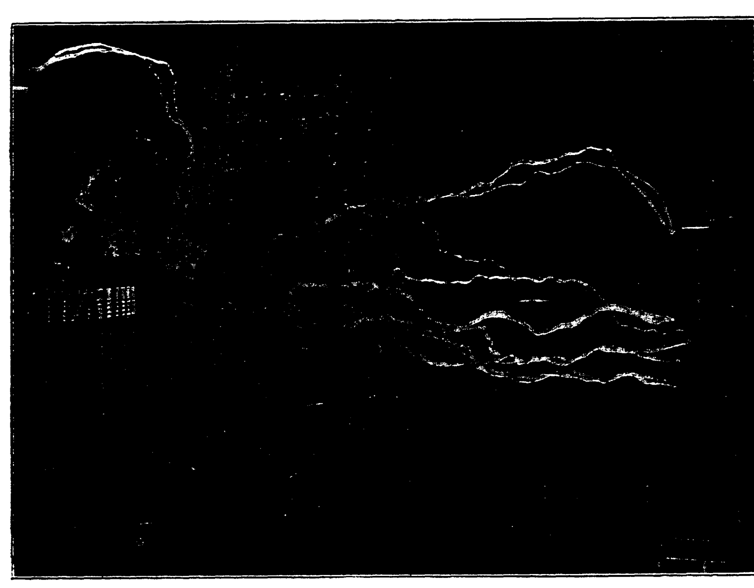


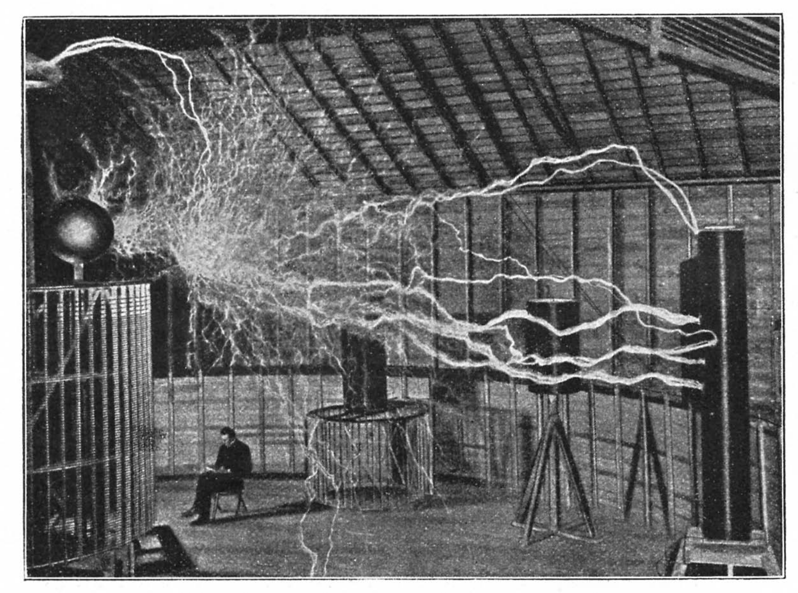
Схема полученія токовъ Тесля. См. текстъ, стр. 352.

Главное отличіе системъ Слаби и Брауна состоитъ въ томъ. что Слаби обращаетъ вниманіе на то, чтобы мѣсто исхода волнъ соединеніемъ съ землей было доведено до „нулевого потенціала", что должно обезпечить опредѣленную длину волнъ, Браунъ же вовсе не оставляетъ въ цѣпи искрового промежутка и не отводитъ его къ землѣ.

Система Маркони, примѣненіе которой, по его мнѣнію, должно дать превосходные результаты, до сихъ поръ не составляетъ общаго достоянія. По сдѣланнымъ имъ сообщеніямъ, оказывается, что въ концѣ 1900 года ему удалось установить обмѣнъ телеграммами даже между Европой и Америкой. Но распространяющіеся прямолинейно лучи встрѣчаютъ на своемъ пути проводящій земной шаръ, который въ силу именно этой проводимости долженъ оказывать дѣйствіе экрана, а потому для установленія такого сообщенія должны были быть примѣнены еще другія особыя вліянія. Но въ то же время есть, повидимому, основанія думать, что электрическія волны стремятся обогнуть проводящую поверхность и что при встрѣчѣ съ такими проводящими поверхностями, какъ земля, онѣ дѣйствительно могутъ пойти по искривленному пути.

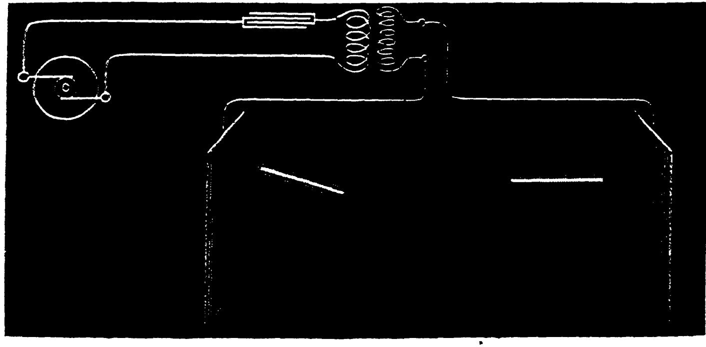

Токи Тесля. Разрядъ. См. текстъ, стр. 353.

Для этихъ опытовъ телеграфированія за океанъ, въ сравнительно очень недавнее время (1900 г.). Тесля удалось получить сильные токи еще болѣе высокаго напряженія, чѣмъ раньше: напряженіе этихъ токовъ достигаетъ 50 милліоновъ вольтъ; онъ даже думаетъ, что сможетъ отправлять свои волны въ безвоздушное пространство и что, если на Марсѣ окажется достаточно чувствительный аппаратъ,



Токи Тесля. Разрядъ. См. текстъ, стр. 353.

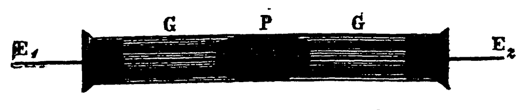
то онѣ окажутъ свое дѣйствіе и на него. Что электрическія волны дѣйствительно циркулируютъ между небесными свѣтилами, не подлежитъ никакому сомнѣнію; во всякомъ случаѣ у насъ уже есть инструменты для такого „междупланетнаго телеграфированія“. Въ настоящее время уже нельзя отрицать, что осуществленіе этой грандіозной идеи обмѣна мыслей съ какими-нибудь существами, находящимися за предѣлами нашего земного шара, при условіи, конечно, что они будутъ понимать наши сигналы, является вопросомъ лишь накопленія необходимой силы, — для насъ, стало быть, это вопросъ чисто денежный.


Токи Тесля. Свѣченіе. См. текстъ, стр. 354.

g) Электрооптика.

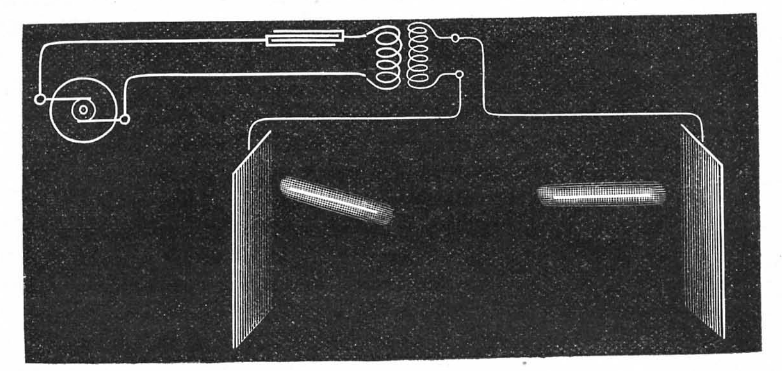
Намъ уже не разъ приходилось говорить о тѣсномъ соотношеніи между свѣтомъ и электричествомъ; мало того, мы даже пришли къ убѣжденію, что оба эти явленія представляютъ собой лишь количественно разнящіяся формы движенія одного и того же эѳира, подобно тому какъ отличаются между собой свѣтъ и лучистая теплота.

Своими изслѣдованіями надъ явленіями въ діэлектрикахъ и надъ вращеніемъ плоскости поляризаціи въ магнитномъ полѣ (см. стр. 289) Фарадей положилъ основаніе электрооптикѣ. Вслѣдъ за нимъ и при помощи остроумныхъ теоретическихъ изслѣдованій, Максвеллъ показалъ, что возмущеніе, произведенное въ діэлектрической средѣ, какой мы представляемъ себѣ эѳиръ, должно сопровождаться возникновеніемъ электромагнитныхъ волнъ, которыя по формѣ и скорости распространенія совершенно тождественны свѣтовымъ, вся разница въ томъ, что направленія колебаній волнъ электрическихъ и магнитныхъ взаимно перпендикулярны. Если эта тождественность оправдывается фактами,то мы должны найти, что всѣ свойства свѣта повторяются и въ явленіяхъ электрическихъ, подобно тому, что мы видали въ опытахъ, установившихъ одинаковость волнообразныхъ движеній свѣтовыхъ и звуковыхъ, отличающихся другъ отъ друга только размѣрами. Эта общность сказывается, напримѣръ, въ образованіи тѣми и другими стоячихъ волнъ, въ явленіяхъ поляризаціи и отраженія. Заслуга геніальнаго умершаго въ столь молодые годы ученика Гельмгольца — Герца (см. портретъ, стр. 364) состоитъ въ томъ, что онъ совершенно наглядно воспроизвелъ всѣ эти явленія съ электрическими волнами.

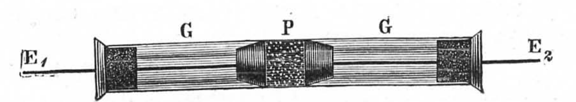


Когэреръ. См. текстъ, стр. 356.

Экспериментальная трудность заключалась въ очень большой длинѣ изслѣдуемыхъ электрическихъ волнъ. Разъ эти волны являются результатомъ сотрясеній, гдѣ-либо сообщенныхъ эѳиру, то въ пространство должно отправиться, какъ это бываетъ во всѣхъ подобныхъ случаяхъ, въ секунду столько волнъ, сколько было произведено за все время такихъ сотрясеній. Пространство, проходимое въ секунду, въ нашемъ случаѣ равно 300.000 км. При 1000 сотрясеній въ секунду длина волнъ должна равняться все-таки 300 км. Самыя короткія колебанія разрядовъ лейденскихъ банокъ продолжаются, какъ было найдено, приблизительно около милліонной доли секунды. Такимъ образомъ въ этомъ случаѣ мы имѣемъ волны длиной все же въ 300 метровъ, которыя слишкомъ велики для того, чтобы ими можно было пользоваться въ намѣченныхъ нами опытахъ.



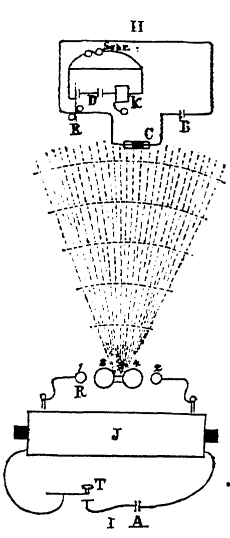
Токи Тесля. Свѣченіе. См. текстъ, стр. 354.



Когёреръ. См. текстъ, стр. 356.

Итакъ прежде всего предстояло укоротить періодъ колебаній разряда еще больше; Герцъ достигъ такого уменьшенія продолжительности, придавъ, какъ это указывали теоретическія соображенія, особенную форму проводникамъ, которыми ему приходилось пользоваться. Ему удалось сократить періодъ колебанія до нѣсколькихъ тысячемилліонныхъ секунды и такимъ образомъ получить волны въ 6 см. длины. Насколько все же велики эти волны по сравненію съ волнами свѣтовыми видно изъ того, что волны свѣта обыкновенно измѣряются въ милліонныхъ доляхъ миллиметра.

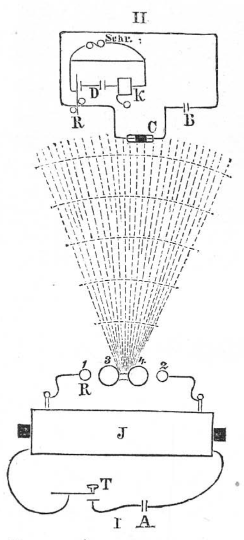
Если мы поставимъ на разстояніи нѣсколькихъ метровъ отъ герцовскаго **вибратора**, который схематически изображенъ на стр. 365, металлическую стѣнку, то электрическія волны отразятся отъ нея, какъ свѣтовыя. Волны, идущія назадъ, встрѣчаясь съ волнами, подвигающимися впередъ, образуютъ стоячія колебанія, и если извѣстенъ періодъ колебанія, то разстоянія узловыхъ точекъ отъ стѣны можно безошибочно предвычислить. Чтобы сдѣлать возможнымъ ихъ наблюденіе, Герцъ придумалъ такъ называемый **электрическій резонаторъ** (см. чертежъ на стр. 365), который состоитъ изъ сдѣланнаго изъ мѣдной проволоки круга; въ этомъ кругѣ имѣется искровой промежутокъ, а діаметръ его находится въ опредѣленномъ отношеніи къ длинѣ изучаемыхъ волнъ. Этотъ резонаторъ Герца въ принципѣ имѣетъ то же назначеніе, что и резонаторъ Гельмгольца, при помощи котораго тотъ выполнилъ свои тонкія изслѣдованія надъ обертонами. Онъ напоминаетъ своимъ отношеніемъ къ волнамъ струну, которую приводятъ въ созвучное колебательное состояніе колебанія звучащей другой струны, имѣющей ту же длину, что и первая.



Принципъ безпроволочнаго телеграфированія. См. текстъ, стр. 356.

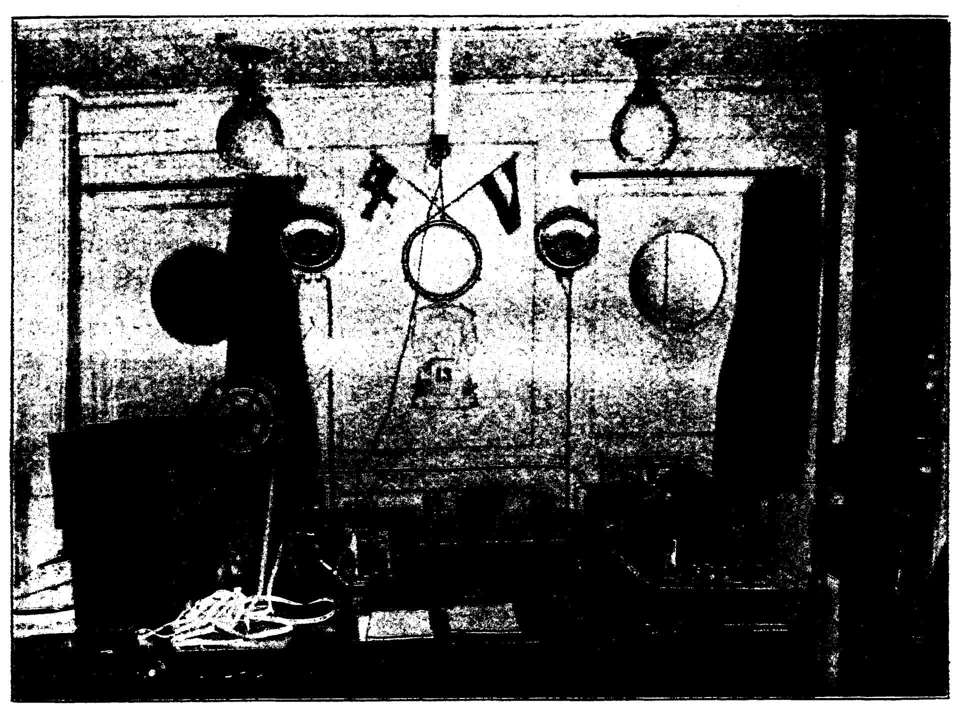
Если резонаторъ Герца помѣстить въ стоячую волну въ мѣстѣ ея пучности и поставить его такъ, что искровой промежутокъ былъ либо вверху, либо внизу этой пучности, то мы увидимъ, какъ въ резонаторѣ проскакиваютъ небольшія искры. Искры эти появляются потому, что напряженіе вверху и внизу волны стремится уравняться при помощи нашего резонатора. Если мы теперь станемъ перемѣщать резонаторъ вдоль по волнѣ (черт., стр. 366), то мы замѣтимъ, что въ нѣкоторыхъ точкахъ ея искры въ резонаторѣ перестаютъ проскакивать; очевидно, это будетъ имѣть мѣсто въ узловыхъ точкахъ, гдѣ взаимно уничтожаются дѣйствія волны, идущей впередъ, и волны, возвращающейся назадъ. Мы можемъ найти цѣлый рядъ такихъ точекъ, и положеніе ихъ будетъ въ точности соотвѣтствовать мѣстамъ, указываемымъ теоріей, такъ что при помощи ихъ можно опредѣлить и длину волны. Доказано (Кибитцемъ), что у электрическихъ волнъ есть также сопутствующія верхнія колебанія, соотвѣтствующія звуковымъ обертонамъ.

Герцевъ резонаторъ позволяетъ намъ опредѣлить, что волны эти имѣютъ дѣйствительно видъ **винтовыхъ линій**. Если мы теперь поставимъ резонаторъ подъ угломъ въ 90° къ прежнему его положенію (чертежъ на стр. 366), то мы снова будемъ встрѣчать узловыя точки, только онѣ будутъ по сравненію съ положеніемъ прежнихъ смѣщены на четверть волны. Узловая точка будетъ находиться теперь тамъ, гдѣ прежде была пучность, длина же волнъ не измѣнится. Легко показать, что такими свойствами обладаетъ винтовая линія; но въ то же время оказывается что оба ряда волнъ, отличающихся другъ отъ друга на полъ волны, вообще говоря, отличаются, напримѣръ, своимъ положеніемъ, а потому волны одного рода мы называемъ электрическими, а волны другого рода—магнитными. Электрическія волны не проходятъ сквозь металлы или, вообще говоря, проводники, и потому отъ нихъ **отражаются**, **какъ волны свѣтовыя отражаются отъ зеркалъ**. На чертежѣ, помѣщенномъ на стр. 367, показано расположеніе приборовъ при опытномъ изслѣдованіи этого явленія. Въ R находится



Принципъ безпроволочнаго телеграфированія. См. текстъ, стр. 356.

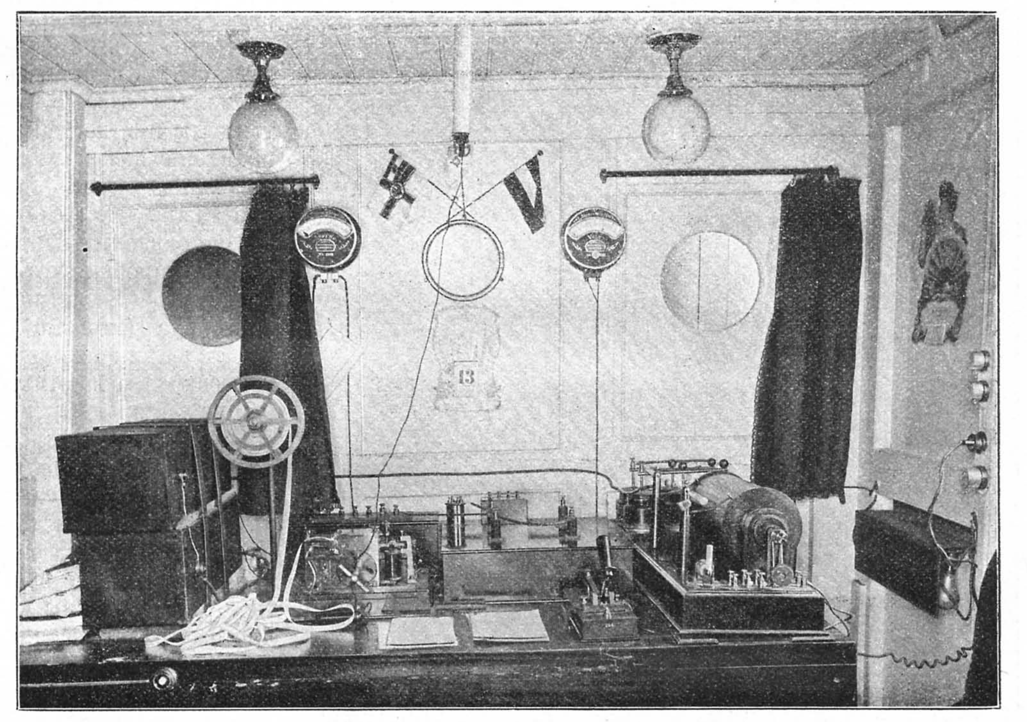
посылающій электрическіе лучи (S) резонаторъ. Лучи отбрасываются отъ металлическаго экрана M, слѣдуя въ точности общимъ законамъ отраженія; аппаратъ C обнаруживаетъ присутствіе этихъ лучей. Мы можемъ при посредствѣ отраженія сгущать эти электрическіе лучи, какъ мы сгущали лучи звуковые, тепловые и свѣтовые. Если въ фокусѣ вогнутаго зеркала будетъ проскакивать искра, имѣющая очень короткій періодъ колебанія, то, помѣстивъ насупротивъ его второе зеркало, мы увидимъ, что между помѣщенными въ его фокусѣ двумя изолированными проводниками будутъ также появляться искры. Мы можемъ устроить такія линзы, которыя будутъ оказывать на электрическіе лучи совершенно то же дѣйствіе, какое оказываютъ стеклянныя линзы на свѣтъ. Такъ какъ стеклянныя линзы соотвѣтственной величины были бы слишкомъ дороги, мы изгото-



Станція безпроволочнаго телеграфа на океанскомъ пароходѣ Сѣверо-германскаго Ллойда. См. текстъ, стр. 357.

вляемъ для нашей цѣли линзы смоляныя, которыя, какъ діэлектрикъ для электрическихъ лучей, столь же прозрачны, какъ стекло. Такимъ образомъ мы можемъ найти по другую сторону смоляной линзы ея электрическій фокусъ, а отсюда опредѣлить и показатель преломленія смолы по отношенію къ воздуху, подобно тѣмъ показателямъ преломленія, которые мы находили для лучей свѣтовыхъ.

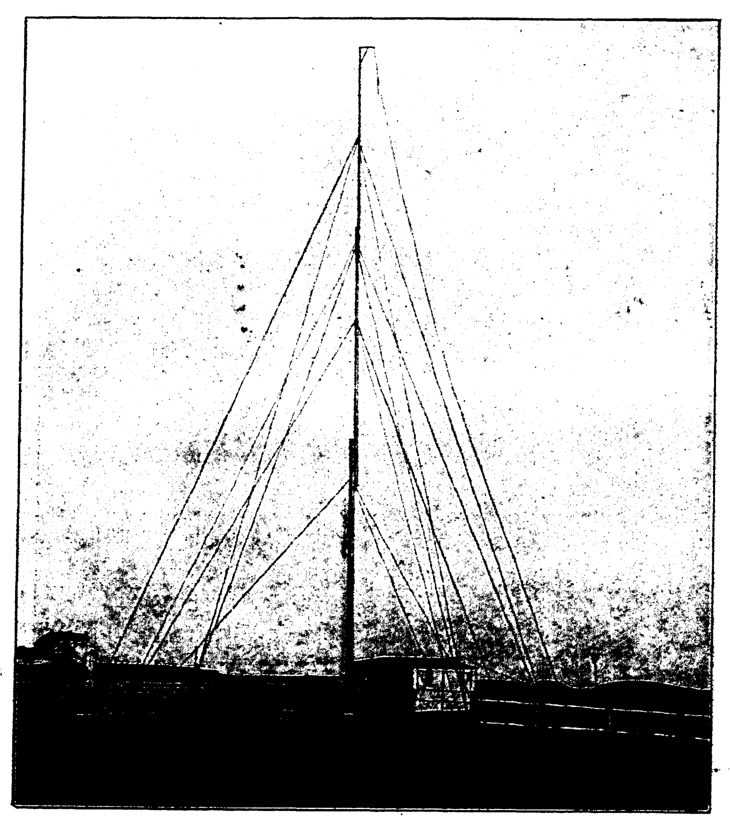
На стр. 266 мы видѣли, что свѣтовой лучъ, отражающійся отъ плоской стеклянной пластинки подъ извѣстнымъ опредѣленнымъ угломъ отражается только въ видѣ лучей поляризованныхъ, и нашли, что этотъ уголъ поляризаціи зависитъ отъ показателя преломленія стекла. Поляризацію мы можемъ наблюдать и на электрическихъ волнахъ. Пусть электрическіе лучи падаютъ на пластинку, сдѣланную изъ сѣры; отразятся они отъ нея такъ, какъ отразился бы лучъ свѣтовой. Уголъ поляризаціи равенъ для сѣры 60 градусамъ (см. чертежъ на стр. 368). Подъ этимъ угломъ лучи не отражаются, потому что въ этомъ случаѣ направленіе колебаній образуетъ прямой уголъ съ поверхностью отраженія. Такимъ образомъ отразятся только составляющія электрическихъ винтовыхъ линій, параллельныя плоскости паденія; тѣ же составляющія, которыя образуютъ



Станція безпроволочнаго телеграфа на океанскомъ пароходѣ Сѣверо-германскаго Ллойда.
См. текстъ, стр. 357.

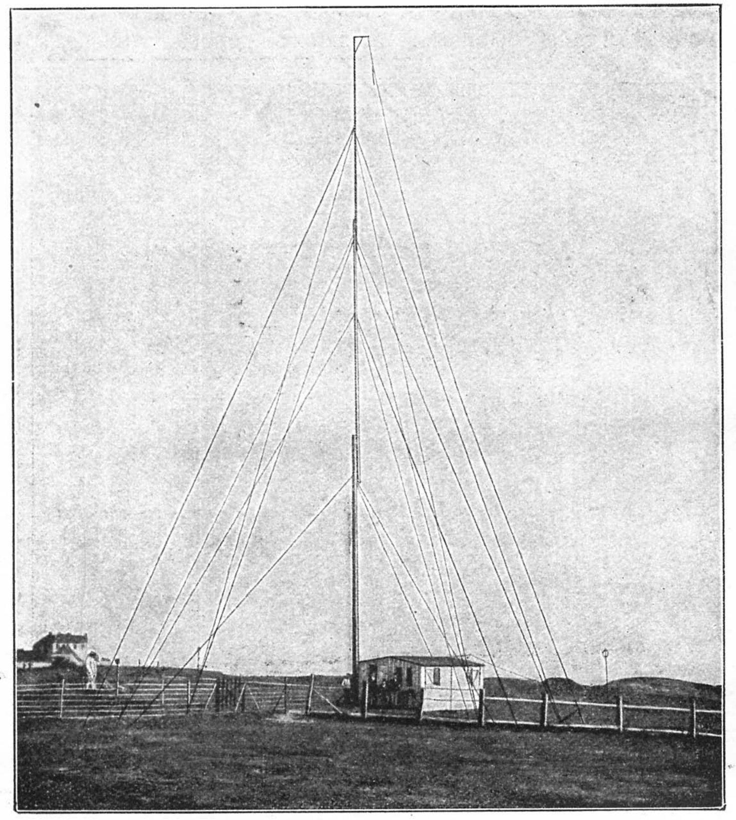
прямой уголъ съ отражающимъ веществомъ, преломятся; мы видимъ здѣсь то, что мы уже наблюдали при изученіи свойствъ лучей свѣтовыхъ и что, въ соотвѣтствіи съ общими законами механики, должно имѣть мѣсто при всѣхъ винтообразныхъ движеніяхъ.

Поставимъ теперь на пути распространенія электрическихъ волнъ проволочную рѣшетку. Когда направленіе колебаній искры разряда перпендикулярно къ направленію проволокъ, эти электрическія волны могутъ пройти сквозь рѣшетку. Мы видимъ, стало быть, что, по сравненію съ дѣйствіемъ турмалина на поляризованный свѣтъ, рѣшетка дѣйствуетъ на электрическія волны совершенно наоборотъ. Поляризованные свѣтовые лучи проходятъ сквозь кристаллъ турмалина только въ томъ случаѣ, когда направленіе ихъ колебаній параллельно оси кристалла, по этому же направленію идетъ и группировка матеріальныхъ частицъ кристалла (стр. 267). Въ случаѣ лучей электрическихъ оба этихъ направленія должны составлять прямой уголъ. Обстоятельства, обусловливающія эту замѣну свойствъ обратными свойствами, вѣроятно, въ свое время будутъ сведены къ чисто механическимъ причинамъ. Указаніе въ этомъ смыслѣ даютъ интересныя изслѣдованія надъ прохожденіемъ волнъ неодинаковой длины сквозь рѣшетки. Только при очень небольшихъ длинахъ, какія имѣютъ волны свѣтовыя, наиболѣе благопріятнымъ для прохожденія сквозь рѣшетку является то ея положеніе, при которомъ направленіе колебаній параллельно рѣшеткѣ, для тепловыхъ лучей это условіе благопріятно уже не въ такой мѣрѣ, а при увеличеніи длины волны выступаютъ условія обратнаго характера, подобно тому, что мы видали въ случаѣ лучей электрическихъ. Мы можемъ думать о полученіи при помощи рѣшетокъ и диффракціонныхъ явленій: быть можетъ, будетъ время, когда мы будемъ въ состояніи наблюдать и электрическій диффракціонный спектръ съ его цвѣтными линіями, то есть съ тѣми опредѣленными направленіями, по которымъ электрическія напряженія сгущаются позади рѣшетки. Мы можемъ произвести опытъ съ приборомъ, въ которомъ электрическія волны, какъ волны звуковыя въ интерференціонномъ приборѣ Нёрренберга, будутъ другъ друга уничтожать.



Станція безпроволочнаго телеграфа на Гельголандѣ. См. текстъ, стр. 357.

Весьма важны также изслѣдованія Герца, касающіяся распространенія электрическихъ волнъ по проволокамъ. Расположеніе проволокъ въ этого рода опытахъ представлено на чертежѣ на стр. 368 Вибраціи передаются при помощи



Станція безпроволочнаго телеграфа на Гельголандѣ.
См. текстъ, стр. 357.

двухъ паръ пластинокъ, помѣщенныхъ насупротивъ другъ друга, по двумъ проволокамъ, идущимъ рядомъ другъ съ другомъ, которыя на другой сторонѣ сразу обрываются, то есть другъ съ другомъ проводникомъ не соединены. Стало быть, волны, пробѣгающія по проволокамъ, на концахъ этихъ проволокъ претерпѣваютъ отраженіе, подобно тому какъ отражаются въ закрытыхъ снизу трубахъ колебанія звуковыя (стр. 134). Снова образуются стоячія волны; длину ихъ можно измѣрить резонаторомъ. При этомъ выступаетъ замѣчательный фактъ: оказывается, что природа проволоки не оказываетъ никакого вліянія на длину волны; возьмемъ ли мы серебряную, мѣдную или желѣзную проволоку, длина волны остается одна и та же. Фактъ этотъ поразителенъ потому, что раньше мы видѣли, что различные металлы оказываютъ по отношенію къ проходящему по нимъ гальваническому току далеко не одинаковое сопротивленіе. Но если одинаковы длина волны и число колебаній, то одинаковой должна быть

Безпроволочное телеграфированіе по системѣ проф. Брауна и Сименса и Гальске.

Принято въ 11 час. 30 м. Со станціи Гельголандъ.	Телеграмма, полученная на Плавучемъ Маякѣ. Эльб. I. 19 окт. 1901.	По кабелю переслано далѣе въ 11 ч. 40.

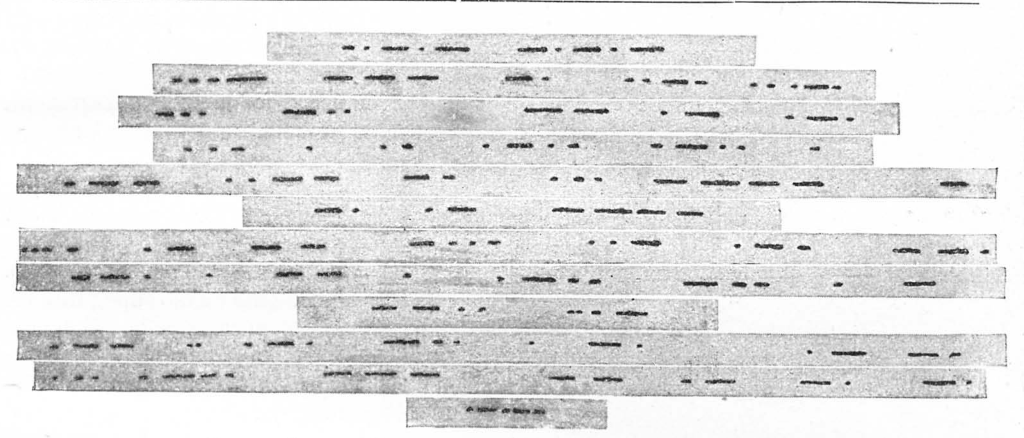
Текстъ: Вызовъ FF знакъ станціи на Эльбѣ. DD (пароходъ) Марсель желаетъ послать о себѣ авизо въ Гамбургъ. Заключительный знакъ.

Телеграмма, переданная по безпроволочному телеграфу. См. текстъ, стр. 357.

и скорость распространенія этихъ волнъ. Такимъ образомъ, несмотря на увеличеніе или уменьшеніе сопротивленія, скорость тока не измѣняется. Результатъ этотъ противорѣчитъ всѣмъ усвоеннымъ до сихъ поръ нами воззрѣніямъ; но противорѣчіе тотчасъ же разрѣшается; для этого надо произвести вторую серію опытовъ надъ различными средами, окружающими эти проволоки. Герцъ погружалъ проволоки послѣдовательно въ воду, масло и т. д. и нашелъ, что длины волнъ въ различныхъ случаяхъ отличаются на весьма значительныя величины. Такъ, напримѣръ, въ водѣ волны имѣли длину приблизительно въ 8,57 разъ меньшую, чѣмъ въ воздухѣ, а, стало быть, во столько же разъ уменьшится и скорость распространенія волнъ въ соотвѣтственной средѣ. Мы, стало быть, имѣемъ тутъ точно такой же фактъ, съ какимъ намъ уже пришлось познакомиться при изученіи явленій звука: звукъ распространяется въ водѣ, металлахъ и другихъ веществахъ съ неодинаковыми скоростями, отличными отъ скорости распространенія въ воздухѣ. Отсюда слѣдуетъ, что носителями этихъ электрическихъ явленій оказываются не проводники, а окружающіе ихъ діэлектрики. Съ параллельнымъ явленіемъ мы познакомились уже при изслѣдованіи дѣйствій конденсаторовъ (стр. 313); теперь мы понимаемъ, отъ чего зависитъ безпроволочное или, лучше сказать, волновое телеграфированіе. Колебанія искры приводятъ въ колебательное состояніе эѳиръ, а затѣмъ колебанія эти распростра-

Безпроволочное телеграфированіе по системѣ проф. Брауна и Сименса и Гальске.

Принято въ 11 час. 30 м. Со станціи Гельголандъ.	Телеграмма, полученная на Плавучемъ Маякѣ. Эльб. I. 19 окт. 1801.	По кабелю переслано далѣе въ 11 ч. 40.



Текстъ: Вызовъ FF знакъ станціи на Эльбѣ. DD (пароходъ) Марсель желаетъ послать о себѣ авизо въ Гамбургъ. Заключительный знакъ.

Телеграмма, переданная по безпроволочному телеграфу. См. текстъ, стр. 357.

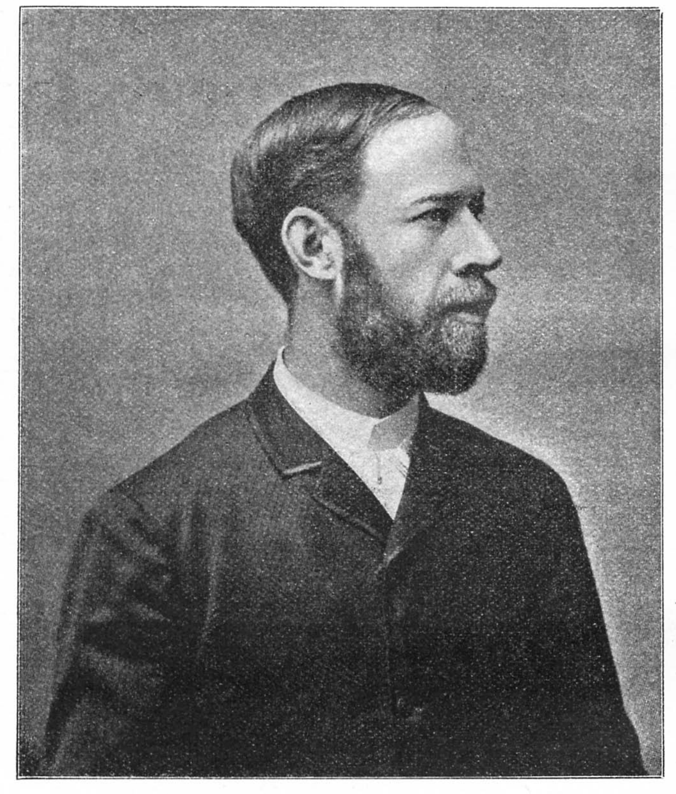
няются при посредствѣ эѳира дальше, какъ колебанія, произведенныя колоколомъ, распространяющіяся при посредствѣ воздуха. Электрическіе проводники производятъ на электрическія волны только извѣстное притягательное дѣйствіе, подобное дѣйствіямъ, производимымъ пористыми веществами на окружающія ихъ жидкости: такъ дѣйствуютъ они по внутреннимъ своимъ свойствамъ: напримѣръ, проволоки раскаляются, когда мы вводимъ въ нихъ слишкомъ большое количество электричества, подобно тому какъ раскаляется подъ вліяніемъ водороднаго тока губчатая платина.

Такимъ образомъ тѣ именно тѣла, которыя были названы нами изоляторами, и есть настоящіе носители и проводники электрическихъ явленій; такъ называемые проводники представляютъ только препятствія дальнѣйшему распространенію этихъ явленій. Мы даже видѣли, что металлическій экранъ отбрасываетъ падающія на него электрическія волны. Для этого достаточно покрыть экранъ тонкимъ листкомъ станіоля. Между тѣмъ волнамъ въ опытахъ Герца не можетъ помѣшать находящаяся на ихъ пути толстая каменная стѣна: она пропускаетъ эти волны, какъ стекло.



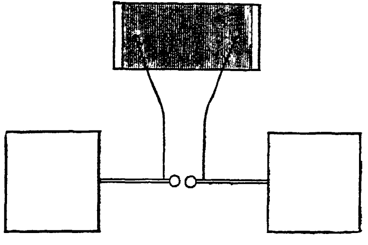
Генрихъ Герцъ. См. текстъ, стр. 359.

Мы должны усвоить себѣ еще одно представленіе, касающееся дѣйствія металлическихъ проводниковъ на распространеніе электричества. Быть можетъ, это распространеніе прямо зависитъ отъ проводниковъ. Быть можетъ, электрическіе лучи на границѣ между воздухомъ и металломъ претерпѣваютъ сильное преломленіе. По отношенію къ линіямъ магнитнымъ это можетъ быть показано соотвѣтственными опытами. Силовыя линіи, падающія изъ воздуха на поверхность желѣза и пересѣкающія ее подъ прямымъ угломъ, претерпѣваютъ въ ней преломленіе также почти на прямой уголъ, такъ что въ желѣзѣ они идутъ чуть не вдоль по поверхности. На этомъ свойствѣ основывается дѣйствіе въ динамо-машинахъ (стр. 350) кольца Пачинотти, которое втягиваетъ въ себя чуть не всѣ силовыя линіи. Внутри его происходитъ явленіе, сходное съ явленіемъ полнаго внутренняго отраженія; явленіе это позволяетъ намъ пропустить свѣтовой лучъ сквозь стеклянную палочку, изогнутую произвольнымъ образомъ и то же самое мы видимъ при дѣйствіи такъ называемыхъ свѣтящихся фонтановъ (см. стр. 211). Если впустить въ стеклянную палочку свѣтовой лучъ приблизительно по направленію оси этой палочки, изогнутой хотя бы спиралью, на подобіе спиралей индукціонныхъ, то свѣтъ, попавъ въ одинъ конецъ ея, выйдетъ черезъ другой, причемъ вся палочка будетъ казаться свѣтящейся. Но свѣченіе это объясняется диффузнымъ разсѣяніемъ. Свѣтовой токъ будетъ



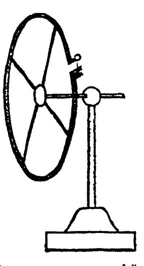
Генрихъ Герцъ. См. текстъ, стр. 359.

увлекать своимъ движеніемъ лишь смежныя частички эѳира. Мы можемъ, пожалуй, принять, что проведеніе электричества металлическими проводниками совершается именно такимъ образомъ и что диффузный свѣтъ соотвѣтствуетъ внѣшнимъ дѣйствіямъ гальваническаго тока. Мы уже видѣли, что показатель преломленія этихъ силовыхъ линій въ металлахъ очень великъ, а потому электрическіе лучи вовсе не должны падать на провода непремѣнно подъ острыми углами; они могутъ падать на проводникъ чуть ли не подъ всякимъ угломъ, и претерпѣвъ въ немъ полное внутреннее отраженіе, все-таки будутъ оставаться внутри его, уже не выходя наружу.


Вибраторъ Герца. См. текстъ, стр. 360.

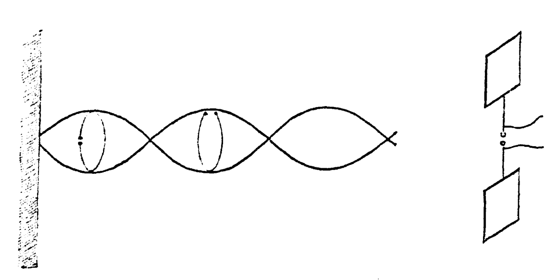
Для того чтобы провести сравненіе между свѣтомъ и электричествомъ еще дальше, будемъ разсматривать статическое электричество, какъ источникъ свѣта, неподвижный, посылающій свои лучи во всѣ стороны. Обратно, источникъ этотъ будетъ въ то же время неизмѣнно и источникомъ электричества. Мощные свѣтовые источники небеснаго свода позволяютъ солнцу излучать на насъ совершенно замѣтныя количества электричества, которыя и даютъ себя знать въ явленіяхъ земного магнетизма. Безъ сомнѣнія, и тѣ свѣтовые лучи, которые приходятъ къ намъ изъ неизмѣримо далекихъ частей вселенной, несутъ съ собой наряду съ волнами той длины, которую мы ощущаемъ, какъ свѣтъ и теплоту, и волны, обусловливающія электрическія дѣйствія. Подобно свѣтовому сообщенію, установленному вѣчными законами природы съ безконечно отдаленными, по нашему разумѣнію, свѣтилами, существуетъ между всѣми свѣтилами и сообщеніе электрическое; оно связываетъ всѣ свѣтила, видимыя въ наши телескопы. Къ сожалѣнію, намъ, какъ всегда, опять приходится заявить, что у насъ нѣтъ только глаза, который могъ бы увидать эти электрическіе лучи.

Но не для всѣхъ явленій электричества можно подыскать параллельныя свѣтовыя явленія. Этого нельзя было даже и ожидать. Мы уже не разъ говорили, что не только эти два рода явленій, но также и теплота основываются на однихъ и тѣхъ же формахъ движенія. Полярности, которая въ электрическихъ явленіяхъ можетъ быть представлена двумя стремящимися другъ къ другу жидкостями, электричествомъ положительнымъ и отрицательнымъ или обоего рода магнетизмами, въ свѣтѣ мы не находимъ; зато она имѣется въ теплотѣ. Въ самомъ дѣлѣ, теплое и холодное вполнѣ соотвѣтствуютъ положительному и отрицательному въ области электричества; направленіе тока обусловливаютъ тутъ лишь разности напряженій, а не спеціальныя свойства гипотетическихъ веществъ, какъ раньше предполагали. Точно также, впрочемъ, объясняли раньше и тепловыя явленія, предполагая, что между различными проводниками тепла протекаетъ, въ зависимости отъ того или другого температурнаго давленія, тепловое вещество. Этому то тепловому давленію и отвѣчаетъ электрическое напряженіе. Въ свѣтѣ эта разность напряженій не можетъ достигнуть замѣтной величины, потому что волны въ предѣлахъ видимаго спектра отличаются другъ отъ друга по длинѣ, въ особенности по сравненію съ тепловыми колебаніями, всегда лишь на самую незначительную величину; сверхъ того, даже и въ этихъ предѣлахъ, явленія эти приходится отнести къ области явленій тепловыхъ.


Электрическій резонаторъ. См. текстъ, стр. 360.

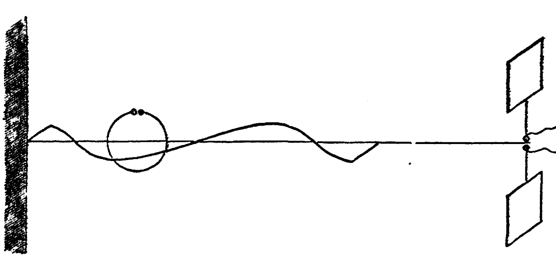
Мы знаемъ, что электромагнитная сила дѣйствуетъ „пондеромоторно“, то есть вовлекаетъ въ свое вихреобразное движеніе видимыя нами тѣла, и что тепловыя, а также свѣтовыя колебанія такого дѣйствія, по крайней мѣрѣ, непосредственно, не оказываютъ. Отсюда мы должны заключить, что электрическіе эѳирные вихри, по сравненію съ свѣтовыми и тепловыми, обладаютъ весьма значительными размѣрами.

Укажемъ теперь еще на нѣсколько соотношеній между свѣтомъ и электричествомъ, которыя теперь пока не могутъ быть вполнѣ выяснены. Прежде всего укажемъ на интересное явленіе измѣненія сопротивленія селена по отношенію къ проходящему черезъ него гальваническому току подъ вліяніемъ падающаго на селенъ свѣта. Селенъ представляетъ собой простое вещество, которое въ видѣ примѣси встрѣчается въ незначительныхъ количествахъ во многихъ минералахъ; во многомъ онъ похожъ на сѣру. Если въ гальваническую цѣпь ввести такъ называемый селенсвый столбикъ и затѣмъ наблюдать при помощи гальванометра силу тока, мы увидимъ, что она измѣняется въ зависимости отъ силы свѣта, падающаго на селеновый столбикъ. Пользуясь такимъ селеновымъ столбикомъ, можно устроить приборъ, который позволитъ переговариваться по телефону безъ всякихъ проводовъ исключительно при помощи свѣтового луча. Колебанія телефонной мембраны будутъ переведены въ сотрясенія свѣтового луча; этотъ свѣтовой лучъ на другой станціи будетъ принятъ селеновымъ пріемникомъ, проводимость котораго будетъ измѣняться въ зависимости отъ звуковыхъ колебаній, происходящихъ на первой станціи, а это вызоветъ во второмъ телефонѣ индукціонные токи, соотвѣтствующіе нашимъ звуковымъ колебаніямъ и воспринимаемые нами, въ видѣ слуховыхъ впечатлѣній. На рисункѣ, помѣщенномъ на стр. 369, изображенъ пріемникъ, употребляемый при этого рода безпроволочномъ телефонированіи. Вогнутое зеркало H воспринимаетъ лучи, идущіе изъ рефлектора, и концентрируетъ ихъ на селеновый столбикъ S. Черезъ столбикъ токъ попадаетъ въ телефонъ. Сотрясенія свѣтового луча, производимыя нашимъ голосомъ при помощи микрофона, переводятся въ колебанія силы тока, который питаетъ дуговую лампу, которая при помощи рефлектора отправляетъ свои лучи на станцію полученія, гдѣ они попадаютъ на вогнутое зеркало. Опыты, произведенные недавно съ такими аппаратами въ Ваннзее подъ Берлиномъ, дали вполнѣ удовлетворительные результаты.



Измѣреніе длины свѣтовыхъ волнъ при помощи резонатора Герца. См. текстъ, стр. 360.

Еще большій интересъ представляютъ явленія разряда, совершающагося подъ вліяніемъ фіолетовыхъ и еще въ болѣе значительной степени подъ вліяніемъ ультра-фіолетовыхъ лучей, что наблюдалъ уже Герцъ; позже Эльстеръ и Гейтель въ Вольфенбюттелѣ подробно изслѣдовали эти явленія. Электроскопъ съ золотыми листочками, заряженный отрицательно, теряетъ свой зарядъ, подъ вліяніемъ лучей электрической лампы, моментально; можно устроить настолько чувствительный электроскопъ, что разрядъ будетъ происходить даже на дневномъ свѣту. Золотые листочки, которые подъ вліяніемъ тока отъ Цамбоніева столба держатся при слабомъ освѣщеніи врозь, при нѣсколько болѣе яркомъ освѣщеніи спадаются; но стоитъ внести электроскопъ опять въ темное помѣщеніе, и они снова разойдутся. Самое удивительное въ этомъ явленіи то, что оно при положительныхъ зарядахъ вовсе не происходитъ. Такимъ образомъ свѣтъ дѣйствуетъ только въ одномъ направленіи. Кромѣ того, мы заключаемъ отсюда, что только самыя короткія волны будутъ волнами актиноэлектрическими; объ этомъ, впрочемъ, мы уже раньше упоминали.

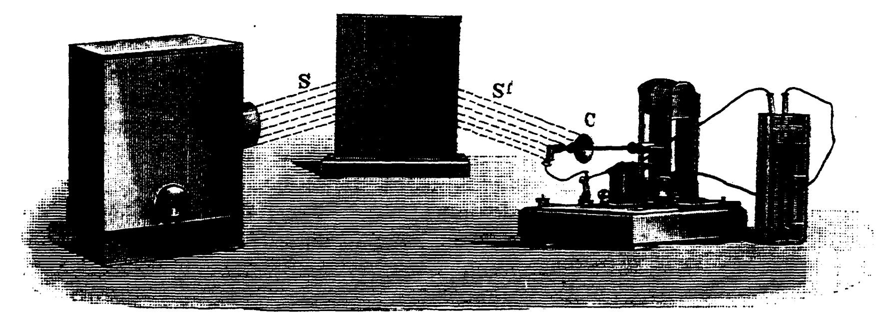


Изслѣдованіе формы электрическихъ волнъ при помощи резонатора Герца. См. текстъ, стр. 360.

Мы можемъ съ общей точки зрѣнія представить себѣ, что одинаковыя формы движеній свѣтовыхъ и электрическихъ будутъ дѣйствовать другъ на друга; точно также мы сейчасъ познакомимся съ цѣлымъ рядомъ явленій, которыя позволяютъ привести въ связь движенія тепловыя и электрическія, но эти то интересныя соотношенія, которыя удалось установить лишь въ самое недавнее время, въ особенности требуютъ объясненія, время которому еще не пришло. Въ совершенно таинственныхъ, до сихъ поръ непонятныхъ беккерелевыхъ лучахъ (о нихъ мы будемъ говорить на стр. 392) мы имѣемъ группу лучей, дѣйствующихъ на электрическія напряженія еще сильнѣе.

h) Термоэлектричество.

Мы уже имѣли случай познакомиться съ нѣсколькими соотношеніями между электричествомъ и теплотой. Въ частности намъ приходилось видѣть, что электрическая сила переходитъ въ теплоту, напримѣръ, въ томъ случаѣ, когда гальваническій токъ встрѣчаетъ слишкомъ сильное сопротивленіе. Всѣ электрическіе процессы съ какими только мы имѣли до сихъ поръ дѣло были процессами, исключительно обратимыми, магнетизмъ давалъ электричество, а электричество



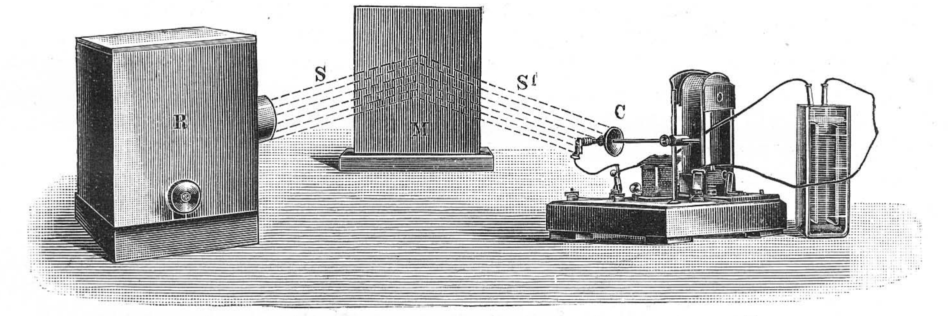
Отраженіе электрическихъ лучей. См. текстъ, стр. 360.

снова могло перейти въ магнетизмъ: движеніе производило электричество, а это, въ свою очередь могло породить движеніе, а потому мы были бы удивлены, если бы теплота не могла непосредственно дать электрическихъ дѣйствій. Мы снова должны повторить, что мы все время имѣемъ дѣло только съ различными формами движеній, отличающихся другъ отъ друга количественно и стремящихся къ равновѣсію.

Въ самомъ дѣлѣ, оказывается, что электричество можно выдѣлить, что проще всего, однимъ нагрѣваніемъ. Если въ цѣпь, заключающую съ себѣ гальванометръ, ввести кусокъ желѣзной проволоки, спаянной съ проволокой мѣдной, и если мѣста спайки нагрѣть, то стрѣлка гальванометра отклонится: получается токъ, причемъ токъ этотъ направленъ отъ нагрѣтаго мѣста къ ненагрѣтому. Если взять спаи другихъ металловъ, то мы найдемъ, что дѣйствіе ихъ при нагрѣваніи отличается отъ дѣйствія только что описаннаго спая, только количественно. Можно составить термоэлектрическій рядъ (съ нѣкоторыми поправками на высокія температуры), подобный извѣстному уже намъ ряду Вольты; ряды эти однако другъ съ другомъ не совпадаютъ. Вотъ этотъ рядъ: селенъ, теллуръ, сюрьма, желѣзо, золото, жесткая платина, магній, цинкъ, серебро, мѣдь, свинецъ, ртуть, олово, мягкая платина, алюминій, кобальтъ, никель и висмутъ.

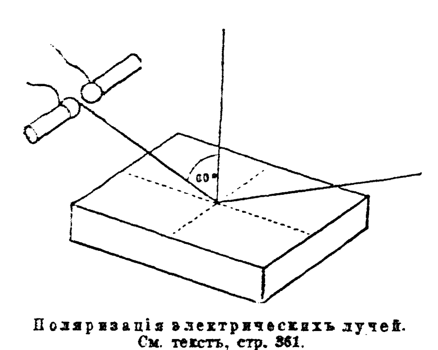
Чѣмъ дальше въ этомъ ряду отстоятъ другъ отъ друга два какихъ-нибудь металла, тѣмъ сильнѣе будетъ ихъ термоэлектрическое дѣйствіе, если спаять ихъ указаннымъ выше образомъ: сильнѣе всего дѣйствуетъ, стало быть, спай селена съ висмутомъ. Обыкновенно для опытовъ берутъ пару, составленную изъ сурьмы и висмута.

Поразительно то, что селенъ, тотъ самый удивительный элементъ, который оказался свѣточувствительнымъ по отношенію къ электрическимъ дѣйствіямъ (стр.



Отраженіе электрическихъ лучей. См. текстъ, стр. 360.

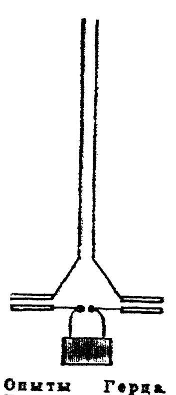
366), обладаетъ въ то же время и наибольшей термоэлектрической способностью. Разумѣется, какъ то, такъ и другое свойство этого вещества зависитъ отъ особенностей его молекулярнаго строенія, и, очень можетъ быть, что предполагаемая свѣточувствительность селена на самомъ дѣлѣ сводится къ дѣйствіямъ тепловыхъ лучей, неизмѣнно сопутствующихъ обыкновенному свѣту.



Поляризація электрическихъ лучей. См. текстъ, стр. 361.

Описанному только что процессу можно придать обратное направленіе, его можно обратить, пропуская гальваническій токъ сквозь такого рода проводникъ, составленный изъ двухъ различныхъ металловъ. Мы уже знаемъ, что при извѣстныхъ условіяхъ въ проволокахъ образуется выдѣленіе тепла (стр. 322). Въ данномъ случаѣ мы наблюдаемъ охлажденіе одного изъ спаевъ подъ вліяніемъ тока; явленіе это носитъ названіе явленія Пельтье. Охлажденіе получается на томъ спаѣ, который при нагрѣваніи долженъ былъ дать тотъ самый токъ, который теперь производитъ охлажденіе. Если мы въ теченіи нѣкотораго промежутка времени будемъ пропускать токъ черезъ такую термоэлектрическую цѣпь, а затѣмъ разомкнемъ этотъ токъ, то неравномѣрное нагрѣваніе обоихъ спаевъ тотчасъ же породитъ новый токъ, который будетъ течь въ обратномъ направленіи. Такимъ образомъ и въ этомъ явленіи всѣ его стороны также совершенно обратимы.

Для полученія описанныхъ результатовъ вовсе не надо брать непремѣнно неодинаковыя вещества. Въ приведенномъ выше ряду, напр., мягкая и жесткая платина отстоятъ другъ отъ друга достаточно далеко, такъ что, спаявъ двѣ такихъ металлическихъ пластинки, мы непремѣнно получимъ термоэлектрическій токъ. Точно такія же явленія наблюдаются при соотвѣтственномъ соединеніи въ пары и въ другихъ металлахъ. Въ однихъ веществахъ нагрѣваніе вызываетъ токъ, идущій отъ мягкаго металла къ твердому, въ другихъ — токъ принимаетъ обратное направленіе. Равнымъ образомъ нагрѣваніе разнородныхъ соприкасающихся между собой жидкостей также можетъ дать электричество.



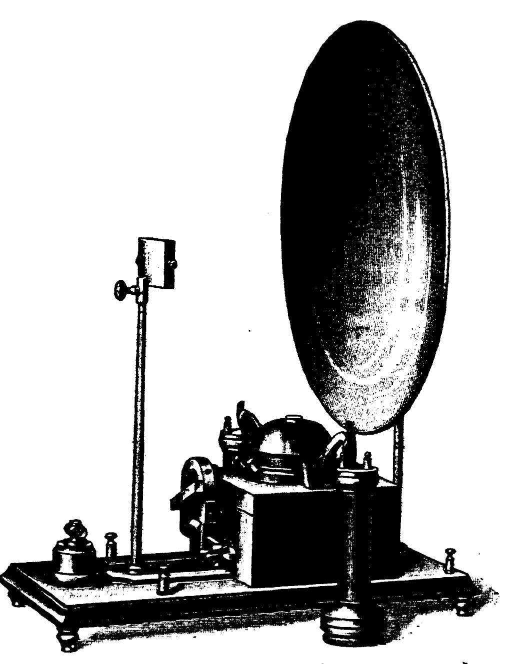
Опыты Герца. Доказательство независимости длины волны отъ матеріала проводниковъ. См. текстъ, стр. 362.

Черезвычайно своеобразный характеръ носятъ открытыя лишь недавно ф. Эттингсгаузеномъ и Нернстомъ соотношенія между магнетизмомъ, теплотой и гальваническимъ токомъ. Если ввести въ магнитное поле висмутовую пластинку, причемъ повернуть ее такъ, чтобы силовыя линіи этого поля пересѣкали пластинку подъ прямыми углами, то при нагрѣваніи одной ея стороны, возникаетъ по направленію, перпендикулярному къ пути распространенія тепла, гальваническій токъ; обратно, если пропускать токъ черезъ пластинку, то на одной сторонѣ ея будетъ наблюдаться нагрѣваніе, на другой охлажденіе.

Этими термоэлектрическими явленіями пользуются для устройства такъ называемыхъ термоэлектрическихъ столбовъ (см. рисунокъ на стр. 371). Спаивая вмѣстѣ извѣстное число металлическихъ паръ такъ, чтобы спаи, дѣйствующіе одинаково, были расположены рядомъ, можно при помощи одного и того же источника тепла возбудить сразу всѣ пары; дѣйствіе прибора будетъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ больше въ столбѣ паръ. Существуютъ такого рода термоэлектрическіе столбы, которые путемъ прямого перевода теплоты въ электричество даютъ токъ, по силѣ равный току отъ батареи въ 50 элементовъ Бунзена.

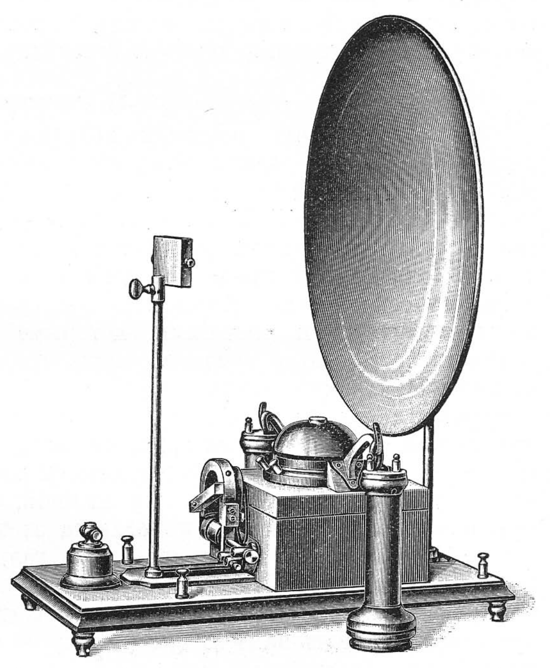
Въ гальванометрѣ мы имѣемъ средство къ измѣренію весьма небольшихъ

количествъ текучаго электричества, которое, будучи переведено въ форму тепла, уже не могло бы быть обнаружено нашими термометрами; термоэлектричество позволяетъ намъ въ силу этого опредѣлить черезвычайно малую разницу въ температурахъ. Съ этой же цѣлью Ланглей изобрѣлъ приборъ, названный имъ болометромъ; этотъ приборъ основывается не вполнѣ на явленіи термоэлектричества (см. рис. на стр. 372). Онъ вводилъ въ обѣ вѣтви витстонова мостика (см. стр. 325) извѣстное число черезвычайно тонкихъ металлическихъ проволокъ и затѣмъ пропускалъ по нимъ слабый гальваническій токъ. Сперва устанавливается извѣстное равновѣсіе, и стрѣлка не обнаруживаетъ присутствія тока. Но стоитъ нагрѣть проволоки на одной сторонѣ мостика, гальваническое сопротивленіе ихъ тотчасъ же измѣнится, и черезъ соединительную вѣтвь пойдетъ токъ, который и можно измѣрить. Оказывается, что при помощи этого прибора можно обнаружить разницу температуръ даже тогда, когда она не превосходитъ одной стомилліонной градуса Цельзія. Такимъ путемъ Ланглею удалось измѣрить количество тепла, посылаемаго намъ неподвижными звѣздами, то есть тѣми солнцами, которыя находятся отъ насъ на разстояніяхъ во много тысячъ разъ большихъ, нежели наше солнце (см. также стр. 186).



Селеновый столбикъ, какъ пріемникъ при фонофонической передачѣ. См. текстъ, стр. 360.

Благодаря тѣмъ свѣдѣніямъ, которыми мы теперь уже располагаемъ, намъ нетрудно будетъ составить себѣ представленіе о природѣ термоэлектрическихъ явленій. Внутреннюю теплоту мы считаемъ родомъ движенія, совершающагося внутри нашихъ молекулярныхъ матеріальныхъ системъ. Передача этой теплоты окружающему пространству совершается при посредствѣ эѳира, въ которомъ движутся эти необыкновенно малыя системы свѣтилъ. Напротивъ того, электрическія явленія мы разсматриваемъ какъ движенія самой междумолекулярной среды; это вихри эѳира, которые, однако, могутъ возникнуть только подъ вліяніемъ сказанныхъ движеній массъ молекулъ. Электрическіе вихри представляютъ собой то противодѣйствіе, которое испытываетъ эѳиръ при выполненіи своей задачи, состоящей въ передачѣ движеній матеріи отъ молекулы къ молекулѣ и въ уравненіи этихъ движеній. Такимъ образомъ, собственно говоря, каждое измѣненіе молекулярнаго строенія какого-нибудь вещества должно сопровождаться образованіемъ электричества, потому что при измѣненіи этого строенія молекулъ должны измѣниться между молекулами и напряженія эѳира, которыя и вызовутъ явленія электрическія. Въ самомъ дѣлѣ, едва ли возможно произвести какое-нибудь воздѣйствіе на состояніе вещества, не возбудивъ при этомъ электричества. Если, какъ это бываетъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ, электричество прямо не проявляется, то это значитъ, что оно исчезло подъ вліяніемъ какого-нибудь дѣятеля, уравнивающаго проявленія силы. О могучемъ же дѣйствіи теплоты на молекулярныя состоянія веществъ мы уже обстоятельно знаемъ изъ главы, посвященной этой силѣ природы. А именно мы видѣли, что теплота увеличиваетъ размѣры орбитъ, описываемыхъ молекулами, что должно уже само по себѣ оказывать сильное дѣйствіе на среду, находящуюся между молекулами. Другими словами, возникаютъ электрическіе вихри или подвергаются извѣстному воздѣйствію тѣ вихри, которые



Селеновый столбикъ, какъ пріемникъ при фонофонической передачѣ. См. текстъ, стр. 360.

уже были. Теперь обратно, вводя въ промежутки между молекулями электрическіе вихри, которые были получены въ другомъ мѣстѣ, мы должны найти, что они въ свою очередь дѣйствуютъ на движенія молекулъ въ обратномъ смыслѣ, движеніе эѳира переходитъ въ молекулярное движеніе, а, стало быть, электричество переходитъ въ теплоту. Если нагрѣтое вещество повсюду совершенно одинаково, то тотчасъ же силы уравновѣшиваются: тутъ нигдѣ нѣтъ той разницы въ давленіяхъ эѳира, которая могла бы обусловить появленіе тока. За то тамъ, гдѣ приведено въ соприкосновеніе два различныхъ вещества, на молекулярныя движенія которыхъ притекающая теплота одинаково дѣйствовать не можетъ, тамъ нельзя и думать о такомъ внутреннемъ равновѣсіи. Возникаетъ электрическій токъ, который выбираетъ направленіе отъ большихъ напряженій къ меньшимъ, что обусловливается, съ одной стороны, разницей температуръ, а съ другой, особенностями молекулярнаго строенія двухъ дѣйствующихъ другъ на друга веществъ.

i) Электролизъ.

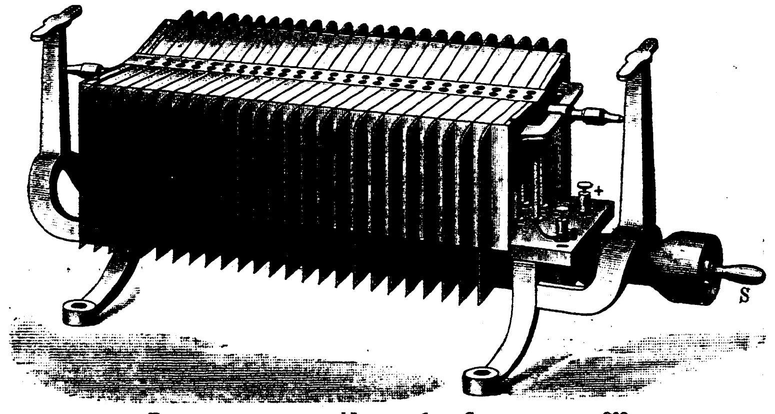
Мы только что показали полную обратимость взаимоотношеній электричества и теплоты; оказывается, что взаимно переходятъ другъ въ друга и явленія химическія и электрическія. Какъ извѣстно, химическіе процессы возбуждаютъ токъ въ гальванической батареѣ, но въ то же время обратно — токъ, получающійся внѣ химическихъ растворовъ, проходя по нимъ, ихъ разлагаетъ. Чтобы вполнѣ понять эти процессы, дающіе намъ разгадку вопроса о происхожденіи гальваническаго тока, необходимо раньше болѣе подробно ознакомиться съ самими химическими явленіями, которымъ посвященъ ближайшій отдѣлъ нашего сочиненія. И только дойдя до конца этого отдѣла, мы въ состояніи будемъ дать цѣлостную картину этихъ переплетающихся другъ съ другомъ процессовъ. Въ особенности при изученіи явленій электролиза мы находимся все время въ той, лежащей между двумя группами явленій, области, гдѣ трудно разобрать, какіе процессы представляютъ собой процессы электрическіе, какіе процессы химическіе. Не углубляясь пока въ природу явленій, приведемъ теперь ту часть ихъ, которую обыкновенно относятъ къ области электричества.

Погрузимъ оба конца проводовъ гальванической цѣпи, оба электрода, въ изогнутую въ видѣ буквы U трубку AB, наполненную водой (рисунокъ на стр. 374); концы проводовъ pp_1, слѣдуетъ сдѣлать изъ платины, что, по возможности будетъ гарантировать намъ ихъ химическое безразличіе, такъ что продукты разложенія не начнутъ соединяться тотчасъ же съ веществомъ погруженнаго проводника; мы увидимъ, что на обоихъ электродахъ выдѣляются пузыри, что показываетъ, что вода разлагается. При этомъ на одной сторонѣ объемъ получающагося газа въ два раза больше объема газа, выдѣлившагося на другой сторонѣ. Химическое изслѣдованіе показываетъ, что газъ, имѣющій объемъ вдвое большій объема другого, есть водородъ, второй же газъ — кислородъ; если взять оба этихъ газа въ томъ же соотношеніи и соединить ихъ, то получится снова вода. Такимъ образомъ гальваническій токъ разлагаетъ воду на ея составныя части и при томъ такъ, что водородъ выдѣляется всегда на отрицательномъ проводѣ тока, на такъ называемомъ катодѣ, кислородъ же на положительномъ концѣ, который носитъ названіе анода. Приборы описанной формы, служащіе для разложенія электролитовъ, называются вольтаметрами.

Подобнымъ образомъ можно разлагать разные растворы. Всѣ эти химическія разложенія совершаются по опредѣленнымъ законамъ, которые указываютъ на извѣстное отношеніе между особенностями молекулярнаго строенія участвующихъ въ этихъ процессахъ веществъ. Химія обязана этимъ дѣйствіямъ гальваническаго тока наиболѣе важными своими открытіями. Такъ, въ 1807 году Дэви нашелъ, что щелочи и такъ называемыя земли представляютъ собой не простыя вещества, а соединенія найденныхъ при этомъ металловъ соотвѣтственной группы съ кислородомъ. Открытіе это произвело, цѣлый переворотъ. Химическимъ путемъ очень трудно отдѣлить отъ кислорода эти легкіе металлы, въ особенности труденъ процессъ отдѣленія алюминія, главной составной части глины, вещества

чрезвычайно распространеннаго. Благодаря затруднительности этого процесса, алюминій еще не такъ давно стоилъ очень дорого, но теперь найденъ способъ выдѣленія этого необыкновенно удобнаго легкаго металла въ большихъ количествахъ изъ глины при помощи сильныхъ токовъ: такимъ образомъ было положено начало новой и важной отрасли промышленности. Теперь силой Рейнскаго водопада у Лауфена пользуются для полученія тока, который необходимъ при производствѣ алюминія на построенныхъ тамъ большихъ алюминіевыхъ заводахъ.

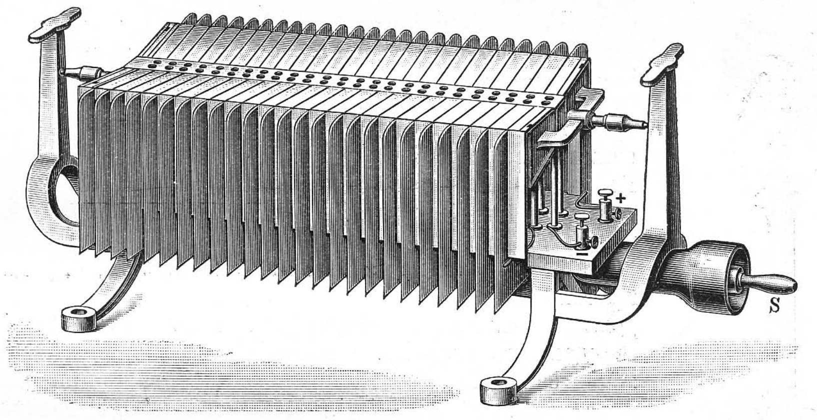
На выдѣленіи металла изъ растворовъ его соединеній при помощи гальваническаго тока основывается другая отрасль промышленности, такъ называемая гальванопластика. Изслѣдуя элементъ Даніэля, мы найдемъ, что цинкъ, находящійся въ разведенной сѣрной кислотѣ мало-по-малу растворяется, мѣдь же, наоборотъ, осаждается изъ раствора мѣднаго купороса на мѣдной пластинкѣ. Если мы соединимъ проводникомъ какой-нибудь предметъ съ мѣдной пластинкой, если



Термоэлектрическій столбъ. См. текстъ, стр. 368.

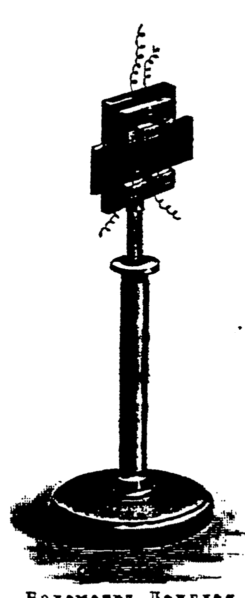
помѣстимъ его въ этой именно части гальваническаго элемента, то мѣдь будетъ отлагаться и на немъ. Обыкновенно придаютъ сосуду, примѣняемому при гальванопластикѣ, нѣсколько иную форму. Въ сосудѣ, наполненномъ растворомъ мѣднаго купороса (на нашемъ чертежѣ на стр. 375 ТТ), подвѣшиваютъ меньшій сосудъ G, который отдѣленъ снизу отъ содержимаго перваго сосуда, только животной перепонкой, напримѣръ, кускомъ свиного пузыря. Въ этомъ маленькомъ сосудѣ содержится разведенная сѣрная кислота, въ которой находится цинковая пластинка Z, такимъ образомъ этотъ сосудъ заступаетъ здѣсь мѣсто глиняной ячейки въ описаннаго типа элементѣ. Въ нижнемъ же сосудѣ имѣется мѣдная пластинка K, соединенная проводникомъ съ цинковой пластинкой. На нее кладутъ оттискъ предмета, который долженъ быть воспроизведенъ гальванопластически; по большей части такая форма изготовляется изъ гуттаперчи, и для того, чтобы сообщить ея поверхности свойства проводника, ее натираютъ графитомъ. Мало-по-малу мѣдь отлагается на этой формѣ. Чѣмъ медленнѣе протекаетъ этотъ процессъ, тѣмъ тоньше воспроизводимыя подробности. Поэтому часто такой процессъ растягиваютъ на нѣсколько дней. Если желательно ускорить процессъ, конечно, за счетъ тонкости исполненія, то поступаютъ иначе: проводятъ въ большой сосудъ описаннаго нами вида сильный токъ; разумѣется, въ этомъ случаѣ меньшаго сосуда съ цинковой пластинкой уже не требуется, потому что эта часть прибора вводится только для полученія тока. Такъ именно производится гальваническое золоченіе и серебреніе предметовъ.

Равнымъ образомъ основывается на электролитическомъ переносѣ и дѣйствіе такъ называемыхъ аккумуляторовъ, играющихъ теперь въ электротехникѣ весьма видную роль; рисунокъ на стр. 375 представляетъ батарею изъ трехъ аккумуляторовъ съ вложенными въ нихъ пластинками и соединенныхъ между собою

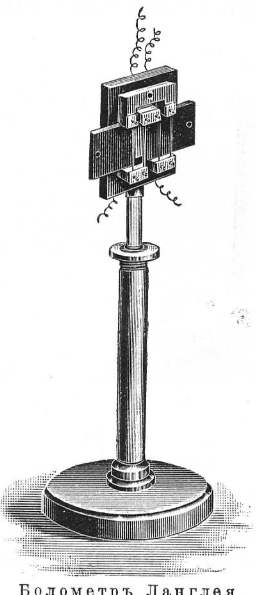


Термоэлектрическій столбъ. См. текстъ, стр. 368.

послѣдовательно. Можно составить гальваническій элементъ изъ пластинокъ свинцовой и другой, сдѣланной изъ перекиси свинца, погружая обѣ въ слабый растворъ сѣрной кислоты. Въ этомъ элементѣ получится токъ въ два вольта напряженія, который будетъ течь по направленію отъ свинца къ его перекиси. Тогда на положительномъ полюсѣ получаются, какъ продуктъ разложенія, сѣрнокислый свинецъ и вода, а на отрицательномъ только сѣрнокислый свинецъ, который и отлагается на металлическомъ свинцѣ. Мы видимъ, стало быть, что мало-по-малу обѣ пластинки покрываются однимъ и тѣмъ же налетомъ. Поверхности ихъ покрываются сѣрнокислымъ свинцомъ, и элементъ перестаетъ дѣйствовать: аккумуляторы разряжаются. О степени разряда можно составить себѣ представленіе чрезвычайно просто: въ жидкость аккумулятора опускаютъ ареометръ (стр. 110), который прямо даетъ степень разведенія сѣрной кислоты: разъ электролитическій процессъ сопровождается образованіемъ воды, то параллельно разряду должно идти и уменьшеніе концентраціи раствора. Если пропустить черезъ разряженные аккумуляторы токъ, взятый, скажемъ, отъ динамомашины въ направленіи, обратномъ направленію первоначальнаго тока, то химическіе продукты снова возвратятся въ прежнее состояніе, и у насъ снова получатся: свинцовая пластинка и пластинка изъ перекиси свинца. Въ то же время образовавшаяся вода снова поглотится, и содержаніе кислоты увеличится. Такимъ образомъ и увеличеніе заряда можно прослѣдить при помощи ареометра. Если аккумуляторы заряжены уже вполнѣ, то дальнѣйшій притокъ электричества будетъ производить выдѣленіе водорода на свинцовой пластинкѣ; газъ этотъ уносится изъ сосудовъ въ воздухъ. Этимъ то выдѣленіемъ газа и объясняется дурной запахъ аккумуляторовъ, но при тщательномъ и осторожномъ зарядженіи приборовъ можно совершенно избѣгнуть этого неудобства. При нормальномъ дѣйствіи аккумуляторы не должны имѣть никакого запаха.


Болометръ Ланглея. См. текстъ, стр. 369.

Аккумуляторъ, какъ показываетъ само его названіе, представляетъ собой весьма важный приборъ для накопленія электрической силы. Мы заполняемъ аккумуляторъ электричествомъ, какъ складываютъ вещи въ сундукъ. Пока аккумуляторы не даютъ тока, они теряютъ свой зарядъ очень медленно. По большей части аккумуляторы служатъ для того, чтобы внести большую равномѣрность въ распредѣленіе работы. Такъ, напримѣръ, если этой работой пользуются для цѣлей электрическаго освѣщенія, то днемъ отъ источника силы почти не берутъ тока, вечеромъ же онъ долженъ давать токъ въ большихъ количествахъ. Если же у насъ имѣется въ распоряженіи батарея, состоящая изъ аккумуляторовъ, то днемъ мы заряжаемъ ее, пользуясь для этого токомъ отъ машины, зато вечеромъ можно ограничиться значительно меньшей нагрузкой машины: мы можемъ заставить давать токъ и машину и батарею сразу. Въ такихъ общественныхъ зданіяхъ, какъ театры, гдѣ внезапное прекращеніе притока электричества, служащаго для освѣщенія, можетъ повлечь за собой очень опасныя послѣдствія, аккумуляторы являются весьма желательными запасными магазинами энергіи: при той или другой неисправности въ дѣйствіи машинъ, безъ чего дѣло никогда не обходится, мы можемъ воспользоваться своей батареей аккумуляторовъ, а это часто позволяетъ намъ обойтись безъ дорого стоющей запасной машины. Не такъ давно пробовали примѣнить аккумуляторы для приведенія въ движеніе вагоновъ, причемъ заряжались эти аккумуляторы на особой станціи. Токъ, отдаваемый этими аккумуляторами, приводитъ въ движеніе динамомашины, а тѣ въ свою очередь передаютъ свое вращеніе колесамъ вагона. Большимъ неудобствомъ при пользованіи этими аккумуляторами, въ такихъ экипажахъ, какъ автомобили и вагоны трамваевъ, является ихъ тяжесть: приходится возить съ собой



Болометръ Ланглея.
См. текстъ, стр. 369.

весь свинецъ, который взятъ для этихъ приборовъ. Громоздкость вагоновъ берлинской городской желѣзной дороги, снабженныхъ такими аккумуляторами, представляла часто настолько серьезную опасность, что пришлось опять вернуться къ прежней системѣ проводовъ.

Недавно выступилъ съ новымъ аккумуляторомъ Эдисонъ. Существенное преимущество его аккумулятора по сравненію съ прежними состоитъ въ томъ, что въ немъ вмѣсто свинца примѣнены желѣзо и никель, а это значительно уменьшаетъ вѣсъ батареи. Но, конечно, рѣчь идетъ не столько о вѣсѣ, сколько объ отношеніи между вѣсомъ прибора и количествомъ доставляемой имъ силы. Обыкновенно опредѣляютъ, на какую высоту можетъ быть поднятъ аккумуляторъ своей собственной силой. Отношеніе это для новаго эдисонова аккумулятора значительно выше чѣмъ въ прежнихъ аккумуляторахъ со свинцомъ. Найдено, что старые аккумуляторы могли поднять гирю равнаго имъ вѣса, если считать всю ихъ силу до момента полнаго разряда, на высоту 4 км., новый же аккумуляторъ можетъ поднять соотвѣтственную тяжесть на высоту 11 км. Здѣсь не мѣсто останавливаться на химическихъ процессахъ, возникающихъ въ такого рода новыхъ аккумуляторахъ; замѣтимъ только что Эдисонъ беретъ за положительную пластинку сжатое въ формѣ кирпичика измельченное желѣзо, отрицательной же пластинкой служитъ точно такого же вида кусокъ спресованнаго и раньше тонко измельченнаго никеля.

10. Новые лучи (лучи катодные, рентгеновы и беккерелевы).

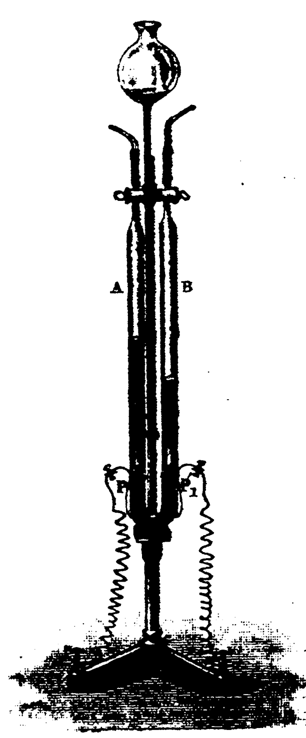
Мы переходимъ теперь къ группѣ явленій, первые члены которой относятся несомнѣнно къ области электричества, слѣдующіе же мало-по-малу, при томъ совершенно незамѣтно, переходятъ въ почти таинственную область, область, которая до того загадочна, что въ ней, повидимому, теряетъ свое значеніе даже такой законъ, какъ законъ сохраненія энергіи, который главенствуетъ надъ всѣми остальными законами природы. Но такъ какъ ни одинъ серьезный изслѣдователь не можетъ и думать о крушеніи этого главнаго основанія всего совершающагося въ мірѣ, то всѣ ученые работаютъ въ послѣднее время съ прямо лихорадочнымъ напряженіемъ надъ разрѣшеніемъ этой большой загадки. И она будетъ разрѣшена. Противорѣчіе это вызвано тѣми таинственными **темными лучами**, которые безъ видимой причины исходятъ изъ нѣкоторыхъ веществъ въ теченіи многихъ лѣтъ, распространяясь на невѣроятно огромныя протяженія. По отношенію къ этимъ веществамъ, которыя до сихъ поръ могутъ быть получены лишь въ самыхъ незначительныхъ количествахъ и потому дороже золота и драгоцѣнныхъ каменьевъ, мы, очевидно, находимся совершенно въ такомъ же положеніи, какъ тѣ люди, которые нашли первые магнитные камни; для нихъ было величайшимъ чудомъ, что такой камень можетъ преодолѣть дѣйствіе самаго общаго изъ всѣхъ явленій, дѣйствіе тяжести. Повидимому, предъ нами раскрываются врата въ совершенно новую область явленій природы, которыя, быть можетъ, столь же величественны, интересны и многозначущи, какъ область электричества, и которыя оставались незамѣченными, какъ раньше основныя явленія, открытыя впервые Гальвани, Вольта и Эрстедтомъ. Теперь надъ открытіемъ невѣдомой области работаетъ цѣлая армія изслѣдователей, вооруженныхъ мощными приборами. Кто найдетъ ключъ, кто тотъ, кто, быть можетъ, уже нашелъ его? Мы этого не знаемъ. Поэтому для насъ дорогà каждая мелочь, открываемая въ области этихъ новыхъ явленій. При изложеніи того, что сдѣлано въ этомъ направленіи, намъ придется держаться нѣсколько иного плана, чѣмъ въ другихъ главахъ этого сочиненія: раньше мы имѣли дѣло съ явленіями, которыя, по крайней мѣрѣ, въ главныхъ чертахъ могли быть систематизованы, сообразно нашимъ основнымъ воззрѣніямъ, мы могли отдѣлить существенное отъ несущественнаго. По отношенію къ новымъ лучамъ намъ остается выбрать одно изъ двухъ: или отказаться отъ ихъ изложенія, или же, не взирая на всю объемистость

матеріала, добытаго за послѣдніе годы, дать краткій его обзоръ: у насъ нѣтъ точекъ отправленія для сужденія о томъ, что здѣсь въ дѣйствительности важно, что нѣтъ, или, если есть, то только самыя ненадежныя.

Для того, чтобы познакомиться съ сущностью предмета, начнемъ свое описаніе съ разрядовъ въ разрѣженныхъ газахъ, которые уже извѣстны нѣсколько десятковъ лѣтъ.

а) Катодные лучи.

Если пропускать сквозь стеклянную трубку, въ которой содержится разрѣженный воздухъ, искры, положимъ, отъ Румкорфовой спирали (стр. 346), то, въ зависимости отъ степени разрѣженія, искра принимаетъ самую разнообразную форму, пріобрѣтаетъ тѣ или другія свойства. Мы уже знаемъ, что воздухъ дурной проводникъ. Электричество можетъ преодолѣть сопротивленіе воздуха, находящагося между электродами лишь тогда, когда напряженіе его достигнетъ на нихъ извѣстной величины; при этомъ проскакиваетъ искра, которая отрываетъ и увлекаетъ за собой частицы матеріала, изъ котораго сдѣланы электроды, такъ что въ свѣтѣ искры можно наблюдать и спектръ соотвѣтственнаго металла. Если удалять изъ такъ называемой гейсслеровой трубки это препятствіе, воздухъ, все больше и больше, то и обмѣнъ электричествъ, по крайней мѣрѣ, до извѣстной степени разрѣженія, облегчается все больше и больше. Вмѣсто разряда въ видѣ искры, у насъ получается разрядъ въ видѣ сіянія, имѣющій прямо восхитительный видъ; такимъ разрядомъ пользуются для разнаго рода свѣтовыхъ эффектовъ. Пока разрѣженіе въ трубкѣ еще незначительно, искра начинаетъ только расплываться; затѣмъ вокругъ того мѣста, гдѣ она проскакиваетъ, образуется сіяніе, и, наконецъ, искра совершенно исчезаетъ. Свѣтъ, начиная отъ положительнаго электрода, отъ анода, разливается мало-по-малу по всей трубкѣ, заполняя встрѣчающіяся въ ней искривленія и, наконецъ, доходитъ до другого электрода, до катода; впрочемъ, до самаго катода онъ не доходитъ; этотъ мерцающій свѣтъ окрашенъ и раздѣленъ какъ бы на слои; на приложенной таблицѣ онъ изображенъ на фигурѣ 1. Если изслѣдовать этотъ свѣтъ въ электроскопъ, то окажется, что тутъ постепенно переходятъ другъ въ друга два различныхъ спектра. Первый состоитъ изъ свѣтлыхъ линій, и раньше думали, что это спектръ металлическихъ паровъ матеріала электродовъ, но потомъ оказалось, что это линіи спектровъ газовъ, составляющихъ воздухъ; спектры эти похожи на спектръ обыкновенной электрической искры. Этотъ спектръ, по мѣрѣ того какъ давленіе уменьшается, мало-по-малу переходитъ въ такъ называемый вторичный спектръ воздуха съ его широкими свѣтящимися полосами.

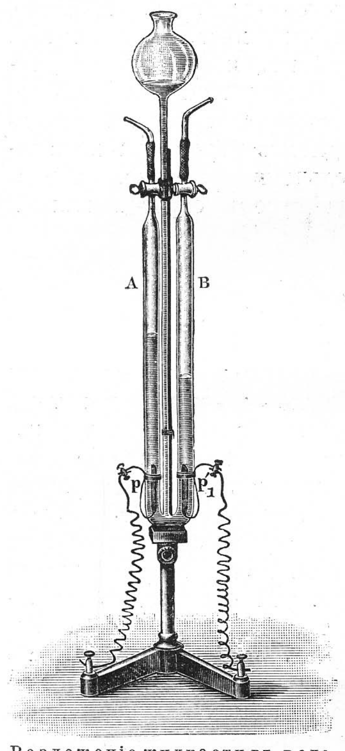


Разложеніе жидкости въ вольтаметрѣ. См. текстъ, стр. 370.

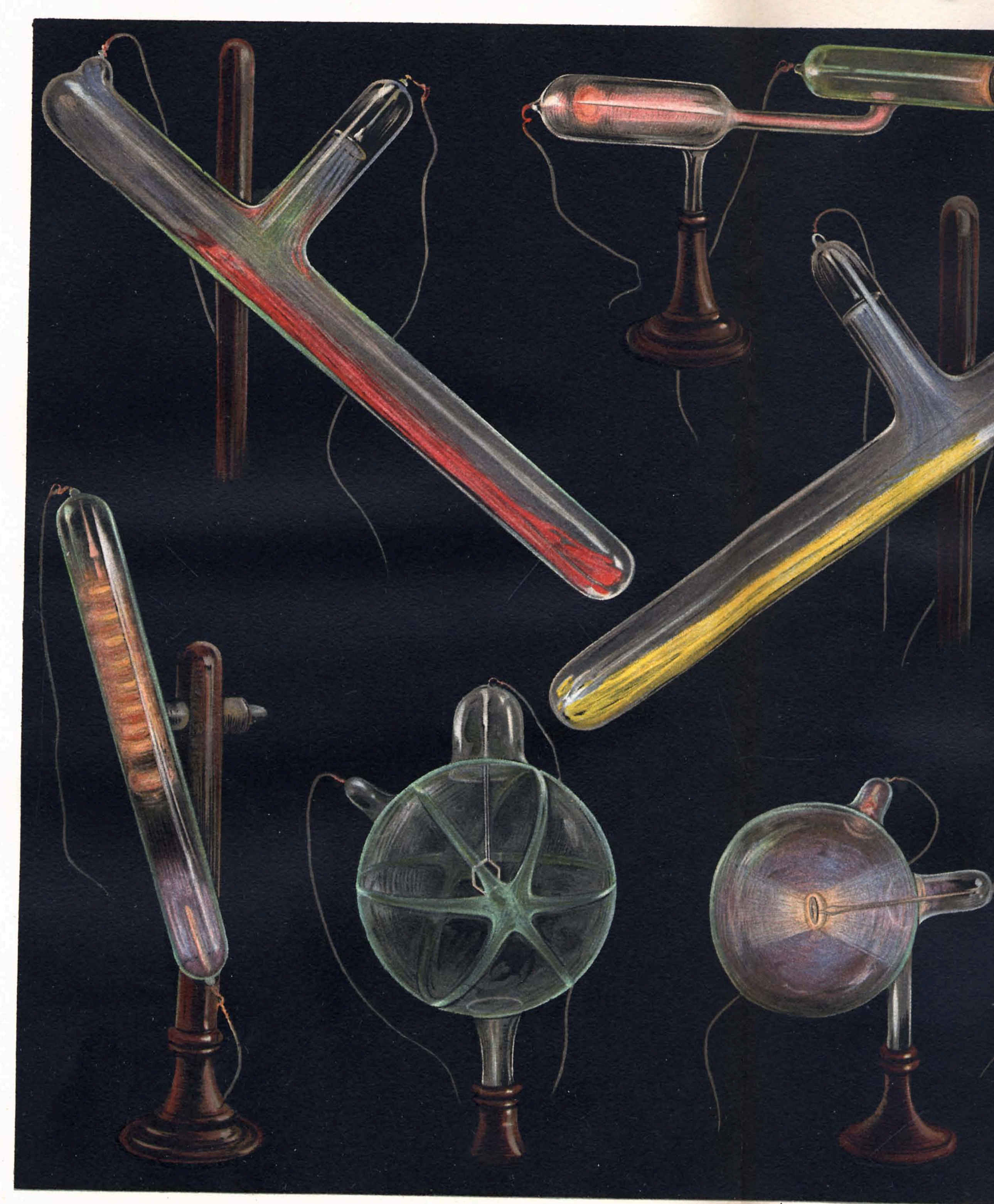
Катодъ вначалѣ, повидимому, не принимаетъ никакого участія въ этомъ процессѣ разряда; онъ окруженъ свѣтлымъ слоемъ, за которымъ слѣдуетъ темная сфера, такъ называемое темное катодное пространство: вокругъ него опять виденъ свѣтъ, напоминающій облако, который, повидимому, не имѣетъ никакого отношенія къ положительному слоистому разряду.

Свѣтъ положительный и свѣтъ отрицательный окрашены разно. Въ трубкѣ, наполненной воздухомъ, первый бываетъ красноватаго, второй синеватаго цвѣта.

Такой видъ имѣютъ явленія въ гейсслеровой трубкѣ, когда давленіе внутри

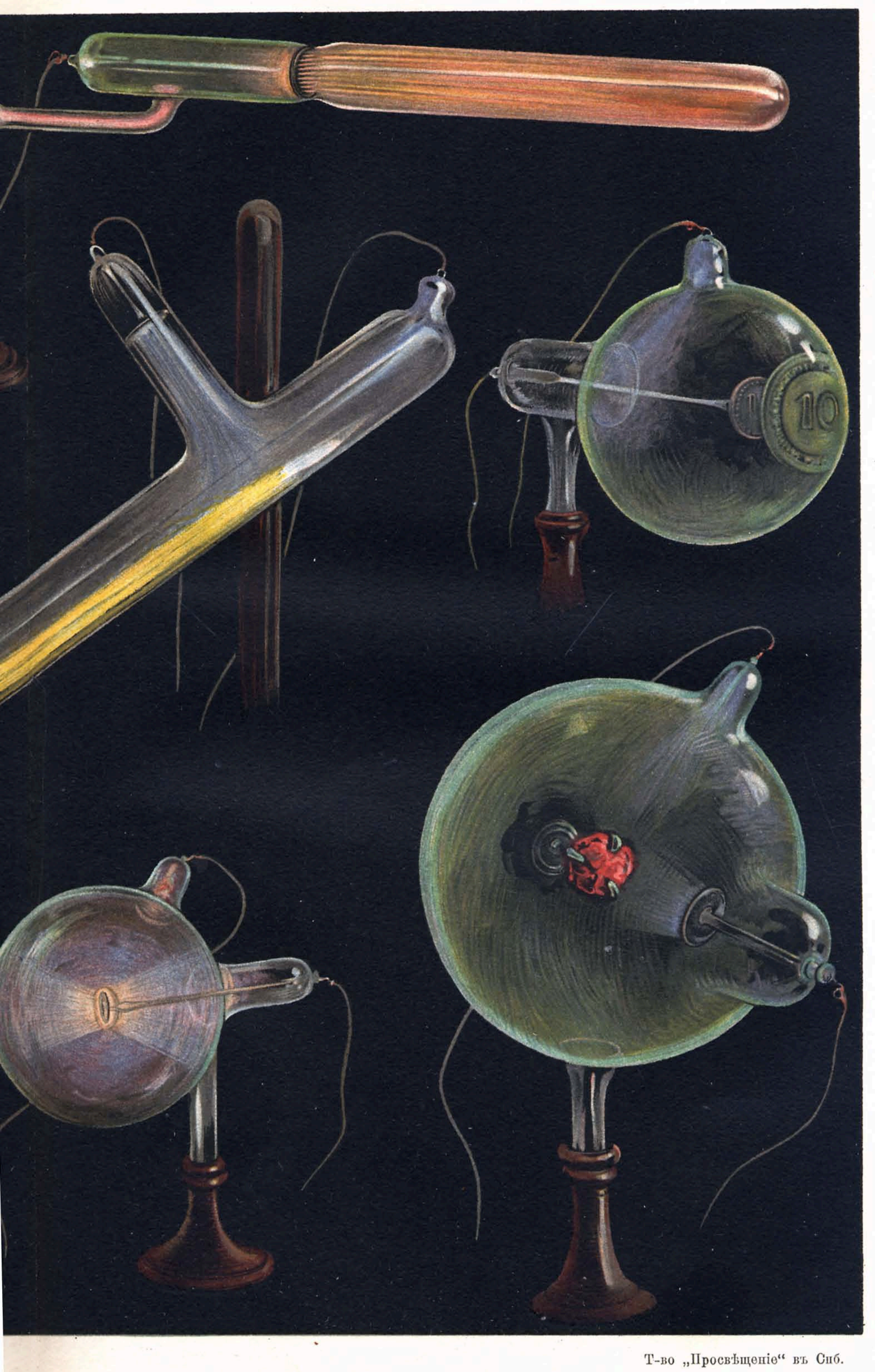


Разложеніе жидкости въ вольтаметрѣ. См. текстъ, стр. 370.



Свѣтовыя явленія электрическаго разряда въ разрѣженн

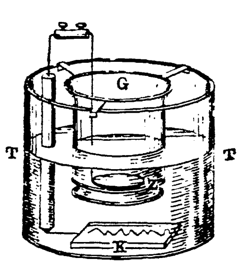
(Гейслеровы и Гольдштейновскія трубки.)



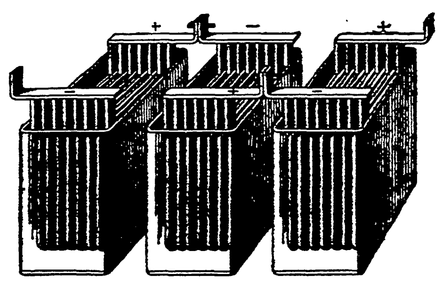
Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

го разряда въ разрѣженныхъ газахъ.
ольдштейновскія трубки.)

ея, по показаніямъ ртутнаго манометра, колеблется между 5 и 1 мм., принимая за нормальное давленіе окружающаго воздуха высоту въ 760 мм. Такимъ образомъ въ трубкѣ находится отъ $\frac{1}{760}$ до $\frac{5}{760}$ того количества воздуха, которое содержится въ равномъ ей объемѣ окружающаго ее пространства. Мы видѣли, что передача электричества на перерывѣ въ проводящихъ частяхъ цѣпи, на искровомъ промежуткѣ, при соотвѣтственномъ разрѣженіи газа, производится не металлическими частичками, отрывающимися отъ электродовъ, а именно этими самыми газами. Мы должны предположить, что молекулы газа перелетаютъ отъ одного электрода къ другому на подобіе тѣхъ бузиновыхъ шариковъ, которые подпрыгиваютъ подъ вліяніемъ электризаціи (см. стр. 303). На своемъ пути многія изъ этихъ частичекъ встрѣчаются съ подобными частичками, движущимися по противоположному направленію, при столкновеніи онѣ приходятъ въ тепловыя колебанія. Такимъ путемъ и возникаетъ сіяніе; быть можетъ, его слоистость этимъ и объясняется. Мы уже видѣли, что токъ, которымъ мы тутъ пользуемся, представляетъ собой такъ называемый интегральный токъ, который то возрастаетъ, то ослабѣваетъ, который дѣйствуетъ толчками. Вмѣстѣ съ тѣмъ тамъ, гдѣ будетъ больше столкновеній, частички газа, движущіяся взадъ и впередъ, должны будутъ образовать стоячія волны. Онѣ вполнѣ соотвѣтствуютъ тѣмъ пылевымъ кундтовымъ фигурамъ въ трубкахъ, которыя изображены у насъ на стр. 132; если насыпать въ открытыя дѣйствію окружающаго воздуха трубки ликоподію и пропустить затѣмъ электрическую искру, то частички порошка примутъ именно такой видъ. Этотъ путь объясненія возникновенія слоевъ гораздо проще, чѣмъ объясненіе, основывающееся на дѣйствіи электрическихъ эѳирныхъ волнъ, которыя, быть можетъ, тутъ даже не имѣютъ особаго значенія. Скорость частицъ газа зависитъ, при прочихъ равныхъ условіяхъ, отъ электрическаго заряда, который является въ то же время и причиной этого движенія и затѣмъ отъ легкости, съ какой они могутъ перемѣщаться въ пространствѣ, то есть отъ степени разрѣженія газа, отъ его давленія. Изъ кинетической теоріи газовъ, которая легла въ основу всѣхъ нашихъ атомистическихъ представленій о природѣ явленій и которую мы разсмотрѣли на стр 147, слѣдуетъ, что молекулы газовъ, вообще говоря, имѣютъ очень быстрое движеніе, которое по мѣрѣ разрѣженія все возрастаетъ. То, обусловливающее тепловое состояніе газа движеніе молекулъ получаетъ подъ вліяніемъ электричества извѣстное направленіе и въ то же время ускоряется. Но частички газа не могутъ пройти сквозь стеклянную стѣнку трубки наружу, а потому должны гдѣ-нибудь внѣ искрового промежутка вернуться назадъ и образовать такимъ образомъ вихрь, который и выразится въ этой слоистости.

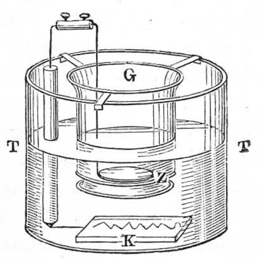


Приборъ для полученія гальванопластическихъ снимковъ. См. текстъ, стр. 371.

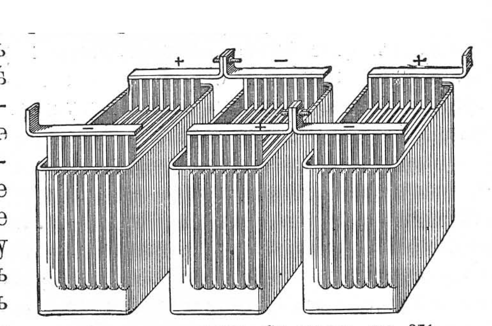


Аккумуляторы. См. текстъ, стр. 371.

Но не слѣдуетъ отсюда заключать, что только эти частички производятъ передачу электричества; если рѣчь идетъ о воздухѣ въ обыкновенныхъ условіяхъ, то мы знаемъ, что въ этой передачѣ участвуютъ какъ газовыя частички, такъ и отрываемыя разрядомъ частички металла. Но при разрѣженіи воздуха уменьшилось и напряженіе на его электродахъ, и потому теперь не было той силы, которая необходима для того, чтобы отрывать уже болѣе тяжелыя частички металла. Въ то же время уменьшилось и нагрѣваніе, которое при болѣе сильномъ сопротивленіи становится больше и которое благопріятствовало этому отрыванію. Но всѣ процессы, описанные въ предыдущей главѣ, показали, что, собственно говоря, электричество передается эѳиромъ, который заполняетъ промежутки между



Приборъ для полученія гальванопластическихъ снимковъ. См. текстъ, стр. 371.



Аккумуляторы. См. текстъ, стр. 371.

молекулами: отрываніе же частичекъ металла есть явленіе побочное, а потому въ гейсслеровой трубкѣ можетъ происходить такое движеніе частичекъ газа по пути разряда. Запомнимъ это, рѣшеніе же вопроса пока отложимъ. Во всякомъ случаѣ свѣтовыя явленія, происходящія вокругъ катода, показываютъ, что тутъ принимаютъ участіе и другія силы.

Теперь обратимся къ явленіямъ разряда, имѣющимъ мѣсто на другомъ концѣ трубки, у катода: мы тотчасъ же увидимъ, что сіяніе, появляющееся здѣсь, имѣетъ совершенно иной характеръ, нежели свѣтъ, исходящій изъ анода. Мы не видимъ въ немъ слоистости, онъ не заполняетъ искривленій трубки и не всегда направленъ въ сторону анода; если передъ нимъ помѣстить какой-либо предметъ, онъ не обогнетъ его, какъ анодный свѣтъ, а будетъ имъ задержанъ. Тутъ, стало быть, мы имѣемъ дѣло съ излученіемъ. Но особенно замѣтно измѣняется внутренній видъ трубки при дальнѣйшемъ увеличеніи разрѣженія газа; въ настоящее время послѣ изобрѣтенія ртутнаго насоса разрѣженіе можетъ быть доведено чуть не до настоящей пустоты или, во всякомъ случаѣ, до давленій, необычайно малыхъ, до какой-нибудь 0,00001 мм. Анодный свѣтъ отступаетъ назадъ все больше и больше, катодный же свѣтъ начинаетъ заливать все большую и большую часть трубки, но эти измѣненія совершаются не съ одинаковой быстротой, а потому темный промежутокъ, отдѣлявшій оба свѣта, увеличивается. Наконецъ, анодный свѣтъ исчезаетъ совершенно, и у насъ остаются одни катодные лучи; раньше эти лучи соединяли катодъ съ анодомъ, теперь, независимо отъ положенія анода, они распространяются совершенно прямолинейно. На стр. 378 изображена трубка съ однимъ катодомъ и тремя анодами bcd въ двухъ стадіяхъ разрѣженія. Въ A катодные лучи раздѣляются и направляются къ анодамъ, въ B они идутъ по прямой до самой стеклянной стѣнки трубки.

Катодные лучи сами по себѣ не очень напряженны, но обладаютъ большимъ запасомъ энергіи, что можно было предсказать уже на основаніи ихъ свѣченія. Такъ, напримѣръ, мы видимъ, что то мѣсто трубки, которое лежитъ противъ катода, такъ называемый антикатодъ, флюоресцируетъ ярко зеленымъ цвѣтомъ, точно его освѣщаетъ зеленый свѣтъ, источникомъ энергіи котораго можетъ быть только катодъ (фиг. 2 приложенія „Свѣтовыя явленія электрическаго разряда въ разрѣженныхъ газахъ“ 374). Но самъ катодъ свѣтится очень слабо. Тутъ, стало быть, есть еще какіе то другіе, по крайней мѣрѣ, не вполнѣ видимые лучи; впервые они были описаны Гитторфомъ уже въ 1869 году, и затѣмъ еще болѣе обстоятельно изучены Гольдштейномъ (1876 г.). Въ широкихъ кругахъ были мало освѣдомлены о важности этихъ изслѣдованій, и лишь съ того времени какъ Круксъ снова описалъ ихъ, они пріобрѣли бо́льшую извѣстность.

Катодные лучи не считаются съ положеніемъ анода; они распространяются совершенно прямолинейно, и потому въ трубкахъ, которыя такъ или иначе изогнуты, мѣста антикатода и анода не совпадаютъ. Если по пути этихъ лучей поставить какой-нибудь темный предметъ, напримѣръ, крестъ, то предметъ этотъ отброситъ отъ себя тѣнь, которая рѣзко выдѣляется на фонѣ свѣтящагося зеленоватымъ свѣтомъ антикатода (см. рисунокъ, на стр. 378). Если катодные лучи будутъ падать на легкое колесико, помѣщенное внутри почти совершенно пустой трубки и устроенное на манеръ радіометра, то эта мельница начинаетъ вращаться, точно на нее падаетъ потокъ частичекъ матеріи, исходящей изъ катода (рисунокъ на стр. 379). Такое колесо будетъ вращаться и въ обратномъ направленіи: для этого надо, чтобы лопасти его были устроены такъ, чтобы они сами излучали однимъ концомъ эти лучи и оказывали, такимъ образомъ, противодѣйствіе. Мы, стало быть, имѣемъ здѣсь дѣло съ извѣстнаго рода толчками, а потому мы должны найти и сопровождающія ихъ тепловыя явленія. Въ самомъ дѣлѣ, если придать катоду форму вогнутаго зеркала a, то выходящіе изъ него лучи сойдутся въ одной точкѣ, въ фокусѣ, и если помѣстить тамъ небольшой кусокъ листовой платины b, то онъ тотчасъ же раскалится (см. рисунокъ 380). Особенно великолѣпный видъ пріобрѣтаютъ нѣкоторыя вещества, а именно такіе кристаллы, какъ рубинъ

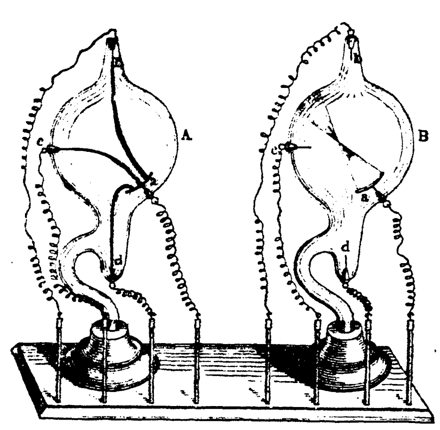
и цинковая обманка, если внести ихъ въ поле этихъ лучей. Они начинаютъ тамъ такъ свѣтиться, какъ будто на нихъ падаетъ свѣтъ отъ очень сильнаго источника свѣта, или какъ будто они сами пріобрѣли способность свѣтиться. На фигурѣ 3 соотвѣтственнаго приложенія (стр. 374), представлено это именно свѣченіе. Нѣкоторыя вещества свѣтятся такимъ свѣтомъ, какого нельзя было ожидать отъ нихъ, судя по ихъ обычному виду: такъ, напримѣръ, обыкновенное безцвѣтное стекло начинаетъ испускать зеленые лучи.

Эти явленія фосфоресценціи были еще болѣе обстоятельно изслѣдованы Гольдштейномъ въ 1900 г.; причемъ обнаружились удивительнѣйшія вещи: впрочемъ, это бывало почти всегда, когда проникали хоть сколько-нибудь вглубь этой области невидимыхъ лучей. Гольдштейнъ показалъ, что въ большинствѣ случаевъ, наблюдавшуюся до сихъ поръ фосфоресценцію обусловливало свѣченіе не самого изслѣдуемаго вещества, а тѣхъ совершенно ничтожныхъ примѣсей, которыя не поддаются опредѣленію даже при помощи наиболѣе тонкихъ орудій химическаго анализа. Пусть какое-нибудь вещество, по возможности совершенно свободное отъ примѣсей, испускаетъ свѣтъ опредѣленной окраски; тѣмъ не менѣе достаточно прибавить десятимилліонную какого-либо другого вещества, и оно подъ вліяніемъ катодныхъ лучей вызоветъ фосфоресценцію другого цвѣта, настолько сильную, что совершенно покроетъ собой первое свѣченіе. Но если прибавлять все большія и большія количества этого вещества, то, начиная съ нѣкотораго момента, указываемаго процентнымъ соотношеніемъ обоихъ веществъ, свѣченіе все убываетъ и, наконецъ, можетъ исчезнуть, несмотря на то, что раньше внесеніе того же вещества въ ничтожныхъ количествахъ было причиной столь поразительнаго явленія въ катодномъ свѣтѣ. На 4 и 5 фигурахъ нашего приложенія (стр. 374) мы видимъ эти великолѣпныя явленія, эти свѣтящіеся разноцвѣтные каскады, исходящіе изъ возбужденныхъ электричествомъ веществъ, которые, точно волшебствомъ, были вызваны дѣйствіемъ катодныхъ лучей. Поэтому можно предполагать, что свѣченіе это обязано своимъ происхожденіемъ не тѣмъ веществамъ, которыя намъ извѣстны, а тѣмъ незамѣтнымъ ничтожнымъ примѣсямъ веществъ, которыхъ мы до сихъ поръ не знаемъ. Въ радіи мы имѣемъ примѣръ такихъ дѣйствій еще неоткрытаго вещества. Гольдштейнъ полагаетъ, что появленіе при фосфоресценціи, главнымъ образомъ, синяго и слѣдующихъ до фіолетоваго цвѣтовъ объясняется отчасти присутствіемъ слѣдовъ воды, которая не можетъ быть вполнѣ удалена. Все то, что мы узнаемъ съ каждымъ днемъ изъ области этихъ невидимыхъ лучей, приводитъ насъ все болѣе и болѣе къ твердому убѣжденію, что природа при выполненіи наиболѣе величественныхъ своихъ дѣйствій прибѣгаетъ не къ тѣмъ большимъ массамъ, которыми оперируемъ мы, а къ неизмѣримо малымъ частичкамъ матеріи того міра, котораго мы никогда не увидимъ даже при всей остротѣ нашего вооруженнаго всякаго рода орудіями зрѣнія.

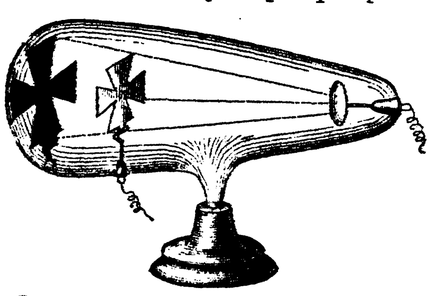
Съ этими явленіями фосфоресценціи связано еще одно явленіе, о которомъ мы упомянемъ лишь вскользь. Это явленіе такъ называемой „послѣцвѣтности“, (Nachfarben), которое впервые было отмѣчено Гольдштейномъ. Онъ показалъ, что нѣкоторыя вещества подъ вліяніемъ катодныхъ лучей измѣняютъ свой цвѣтъ на болѣе или менѣе продолжительное время; но подъ вліяніемъ лучей обыкновеннаго дневного свѣта они становятся свѣто-чувствительными и вновь пріобрѣтаютъ свой обыкновенный цвѣтъ.

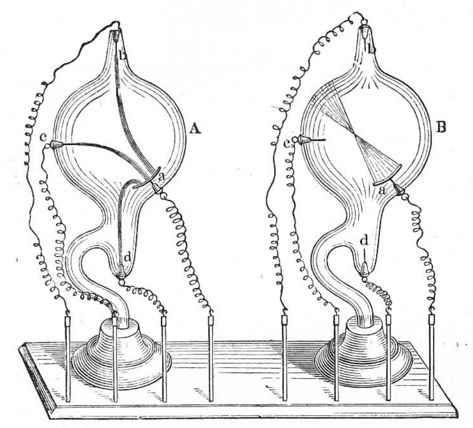
Мы уже видѣли, что у этихъ интересныхъ лучей существуетъ свой фокусъ; они пересѣкаются въ этомъ фокусѣ какъ лучи, которыми пользуются во всякаго рода оптическихъ инструментахъ; такое пересѣченіе является чисто геометрической необходимостью, а потому можно предсказать со всей увѣренностью, что изображеніе, получающееся въ этихъ лучахъ, будетъ обратнымъ. Говоря это, мы вовсе не принимаемъ въ разсчетъ физическихъ свойствъ самихъ предметовъ, рѣчь идетъ о свойствахъ чисто математическихъ, а эти свойства при всѣхъ обстоятельствахъ сохраняютъ свое значеніе. Но какъ велико было изумленіе всѣхъ, когда Гольдштейнъ показалъ, что, несмотря на совершенно явственное пересѣченіе катодныхъ лучей, получается все-таки прямое тѣневое изображеніе. Это открытіе

было однимъ изъ тѣхъ необъяснимыхъ противорѣчій по отношенію къ неоспоримымъ истинамъ, съ какими пришлось встрѣтиться при изученіи этихъ лучей; недоразумѣніе это скоро объяснилось, но оно характерно для тѣхъ трудностей, которыя представляетъ вся эта группа явленій. Оказалось, что изъ каждаго элемента поверхности катода выходятъ лучи, которые принимаютъ по отношенію къ самой излучающей поверхности самыя разнообразныя положенія, въ зависимости отъ тѣхъ различныхъ сопротивленій, какія они встрѣчаютъ еще внутри самой трубки. Иначе говоря, положенія эти зависятъ отъ электродвижущей силы, обусловливающей это излученіе изъ катоднаго зеркала, причемъ точка пересѣченія катодныхъ лучей въ каждомъ случаѣ будетъ занимать свое особое положеніе. Чѣмъ больше эта сила, то есть чѣмъ меньше давленіе газа, находящагося въ трубкѣ, тѣмъ прямѣе лучи, выходящіе изъ зеркала, тѣмъ дальше отъ зеркала точка ихъ пересѣченія. Если невѣдомые носители этихъ лучей проходятъ подъ прямыми углами къ отдѣльнымъ элементамъ поверхности зеркала, то они должны встрѣтиться въ геометрическомъ фокусѣ, и если разрѣженіе доведено до значительной степени, то это въ извѣстной мѣрѣ и происходитъ. Но чѣмъ больше легкость, съ какой лучи могутъ оставить зеркало, тѣмъ меньшее значеніе получаетъ форма этого зеркала. Тогда мы можемъ наблюдать тѣ своеобразныя явленія, которыя изображены у насъ на фиг. 6 и 7 (см. прилож., стр. 374). На фигурѣ 6 роль катода играетъ обыкновенная монета въ 10 пфенниговъ, увеличенное изображеніе которой и проэктируется на стѣнку трубки. На фигурѣ 7 катоду приданъ видъ шестиугольника. Мы видимъ здѣсь поразительное явленіе: выходящіе изъ катода лучи образуютъ звѣзду, шесть лучей которой проходятъ черезъ середины сторонъ шестиугольника подъ прямыми къ нимъ углами.

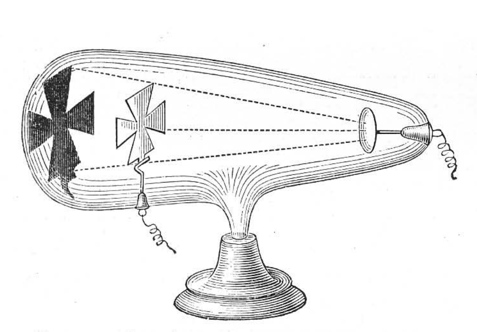

Катодные лучи при разныхъ степеняхъ разрѣженія. См. текстъ, стр. 376.

Если по пути распространенія катодныхъ лучей помѣстить металлическую пластинку, то **часть** ихъ отъ нея **отразится**, но отраженіе будетъ зависѣть не отъ зеркальности пластинки, и происходить оно будетъ не по законамъ отраженія въ зеркалахъ. Въ данномъ случаѣ не играетъ особой роли, будетъ ли пластинка полированной или нѣтъ. По отношенію къ тѣмъ частичкамъ, которыя совершаютъ здѣсь движенія, даже гладкая поверхность будетъ дѣйствовать какъ шероховатая: до того малы эти частички. Такимъ образомъ тутъ будетъ имѣть мѣсто отраженіе диффузное. Подмѣтилъ это явленіе впервые Гольдштейнъ, а **Штарке** (Starke) показалъ, что отражательное дѣйствіе зеркала прямо пропорціонально плотности вещества, изъ котораго оно сдѣлано; такимъ образомъ по этой способности можно распредѣлить вещества въ такой послѣдовательности: платина, серебро, мѣдь цинкъ, алюминій, сажа. Какъ извѣстно, обыкновенные лучи сажа поглощаетъ совершенно, что же касается катодныхъ лучей, то она пропускаетъ ихъ почти безпрепятственно. Но и во всѣхъ другихъ отношеніяхъ отраженіе обыкновеннаго свѣта зависитъ отъ разныхъ условій, отъ свойствъ поверхности зеркала, сдѣланнаго изъ того или другого вещества; по отношенію къ лучамъ катоднымъ поверхность не играетъ никакой роли. Алюминій, который, по сравненію съ осталь-


Полученіе тѣни въ катодныхъ лучахъ. См. текстъ, стр. 376.



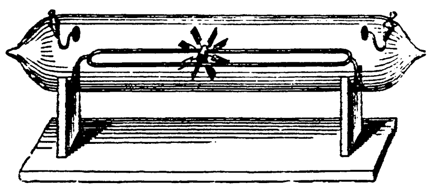
Катодные лучи при разныхъ степеняхъ разрѣженія. См. текстъ, стр. 376.



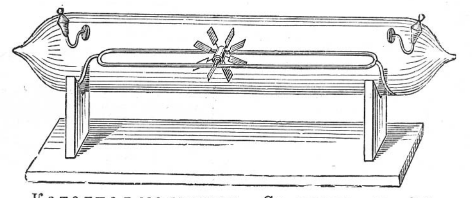
Полученіе тѣни въ катодныхъ лучахъ. См. текстъ, стр. 376.

ными металлами, отражаетъ эти лучи, по меньшей мѣрѣ, хорошо, — будучи взять въ видѣ тонкаго слоя, ихъ пропускаетъ; онъ прозраченъ по отношенію къ катоднымъ лучамъ, какъ прозрачны, впрочемъ, и всѣ остальныя твердыя вещества, когда мы беремъ тонкіе слои ихъ. Ленаръ (Lenard) воспользовался (1894 г.) этимъ свойствомъ и вывелъ эти лучи наружу, чтобы имѣть возможность изслѣдовать ихъ въ условіяхъ болѣе удобныхъ, чѣмъ безвоздушное пространство трубки. Онъ продѣлалъ въ такого рода трубкѣ, имѣвшей форму груши, въ томъ мѣстѣ, гдѣ долженъ находиться антикатодъ, отверстіе и задѣлалъ его листовымъ алюминіемъ. Листокъ этотъ былъ настолько толстъ, что могъ выдержать при выкачиваніи воздуха изъ трубки наружное давленіе, но въ то же время онъ свободно пропускалъ катодные лучи. Такой листокъ носитъ названіе алюминіеваго окна. Указанный нами годъ перваго примѣненія этого окна интересенъ въ томъ отношеніи, что годъ спустя Рентгенъ случайно нашелъ свои прославленные лучи. Когда Ленаръ пользовался трубками съ алюминіевыми окнами, онъ уже получалъ и Рентгеновы лучи, и надо было сдѣлать только самый небольшой шагъ, для того чтобы придти къ ихъ открытію.

Катодные лучи представляютъ собой совокупность двухъ явленій: излученія и тока; колесо, которое подъ вліяніемъ прямыхъ лучей получаетъ извѣстный рядъ толчковъ, при перемѣщеніи его нѣсколько вбокъ отъ оси пучка лучей, начинаетъ вращаться въ обратномъ направленіи (Свинтонъ). Такимъ образомъ матерія, имѣющая отношеніе къ катоднымъ лучамъ, изъ трубки не выходитъ. Сначала она стремится прочь изъ трубки, потомъ гдѣ-нибудь она поворачивается и такимъ образомъ совершаетъ полный кругооборотъ. При этомъ, конечно, играютъ роль и токи, выходящіе изъ анода, но сила ихъ далеко не такъ велика. Если взять трубку съ однимъ полюсомъ, то есть такую трубку, въ которой только одинъ электродъ, и отвести другой ея электродъ въ землю, то, какъ показали Баттелли и Магри, лучи тотчасъ же устремляются въ безвоздушное пространство, снаружи же, какъ извѣстно, вовсе не должно электричество распространяться. Но появляющіеся при этомъ лучи обладаютъ сразу свойствами и лучей катодныхъ, и лучей анодныхъ. Очень красиво это явленіе и въ томъ случаѣ, когда мы въ трубку совсѣмъ не вводимъ проводниковъ; вмѣсто этого, мы окружаемъ стеклянную трубку, наполненную разрѣженнымъ газомъ, на нѣкоторомъ разстояніи другъ отъ друга станіолевыми кольцами; разрядъ электричествъ, происходящій снаружи, вызываетъ внутри трубки только противодѣйствія: то, что мы здѣсь видимъ, напоминаетъ, напримѣръ, дѣйствіе конденсаторовъ (стр. 308) на ихъ обкладки хотя бы въ извѣстныхъ уже намъ лейденскихъ банкахъ. Благодаря этому, колебательный разрядъ получаетъ возможность протекать какъ въ томъ, такъ и въ другомъ направленіи. Въ трубѣ получается между обоими наружными кольцами двойной свѣтящійся конусъ, который состоитъ, главнымъ образомъ, изъ слоистаго анодмаго свѣта, по обоимъ же концамъ его получаются тонкія нити, которые имѣютъ характеръ катодныхъ лучей. Этотъ опытъ былъ произведенъ Фоммомъ (1899); намъ кажется, что этотъ опытъ имѣетъ большое значеніе; онъ показываетъ намъ, что матеріалъ электродовъ на эти процессы лучеиспусканія и прохожденія тока не оказываетъ никакого вліянія, что носителями ихъ можно считать только газовыя частички. Но электрическія дѣйствія, которыя являются причиной этихъ движеній газовыхъ частицъ, проходятъ сквозь стеклянныя стѣнки, газовыя же частички пройти не могутъ; отсюда сразу вытекаетъ слѣдующій выводъ: все, что мы видимъ, является результатомъ нѣкотораго вторичнаго явленія, какимъ, напримѣръ, можетъ быть дѣйствіе предполагаемыхъ нами вихрей эѳира, которые тутъ, скажемъ, увлекаютъ за собой эти частички газовъ. Но для сужденія объ этихъ явленіяхъ намъ необходимы еще и другія опорныя точки.

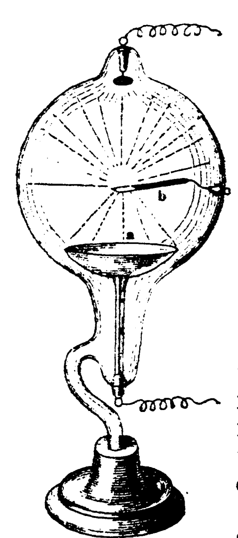

Катодная мельница. См. текстъ, стр. 376.

Что токъ въ гитторфовыхъ трубкахъ,—такъ обыкновенно тоже назы-



Катодная мельница. См. текстъ, стр. 376.

ваютъ трубки, служащія для полученія катодныхъ лучей,—идетъ сразу какъ въ одномъ такъ и въ другомъ направленіи, показываютъ также открытые Гольдштейномъ уже въ 1886 году Kanalstrahlen, иначе „закатодные“ лучи. Если сдѣлать катодъ изъ листового алюминія такъ, чтобы онъ плотно закрывалъ собой сѣченіе трубки, и если продѣлать въ немъ рядъ маленькихъ отверстій, то при наличности катодныхъ лучей, выходящихъ изъ алюминія въ одномъ направленіи, мы увидимъ въ то же время и другіе лучи: они будутъ проходить сквозь отверстія катода, какъ сквозь каналы, они будутъ имѣть направленіе, обратное направленію лучей катодныхъ, обладая въ то же время всѣми свойствами этихъ лучей, только вмѣсто отрицательнаго электричества они будутъ переносить электричество положительное. Направленіе этихъ Kanalstrahlen ничуть не зависитъ отъ дающаго положительное электричество анода, мы можемъ взять колѣнчатую трубку и помѣстить анодъ совершенно не тамъ, гдѣ его обыкновенно помѣщаютъ, но направленіе „закатодныхъ“ лучей, которое зависитъ только отъ катодныхъ лучей, при этомъ не перемѣнится. Такая трубка изображена у насъ на приложеніи (стр. 374) на фиг. 8. Что мы имѣемъ дѣло при возникновеніи этихъ лучей не съ возвратнымъ дѣйствіемъ, видно изъ того, что въ этомъ случаѣ они должны были быть носителями того же самаго электричества. Мы можемъ просто принять, что изъ самаго катода вытекаетъ электричество обоихъ родовъ, но только не въ одинаковыхъ количествахъ. Кромѣ положительности переносимаго заряда, закатодные лучи имѣютъ съ аноднымъ свѣтомъ еще то сходство, что, вѣроятно, въ силу обратнаго дѣйствія катодныхъ лучей, переносятъ, повидимому, также и мельчайшія частицы матеріала, изъ котораго сдѣланы электроды. (Ewers). Но общее количество переносимаго вещества такъ ничтожно, что за 280 часовъ токъ переводитъ едва 1 мг. алюминія.



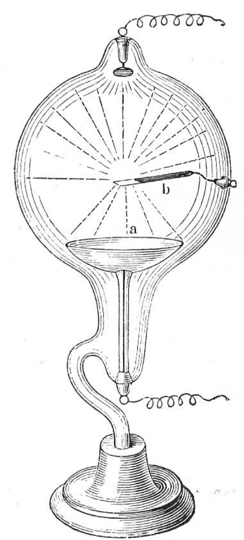
Фокусъ лучей, испускаемыхъ катодомъ, имѣющимъ форму вогнутаго зеркала. См. текстъ, стр. 376.

Оба рода электричества во всѣхъ формахъ, въ какихъ только они проявляются, отличаются другъ отъ друга своими химическими дѣйствіями; положительный токъ дѣйствуетъ окисляюще; онъ присоединяетъ кислородъ къ химическимъ элементамъ, отрицательный же отдѣляетъ его отъ нихъ; въ опытѣ съ вольтаметромъ (стр. 370) мы уже познакомились съ такого рода дѣйствіями. Точно такими же свойствами обладаютъ и оба разсматриваемыхъ рода лучей: лучи катодные возстановляютъ, анодные и закатодные лучи окисляютъ (Венельтъ).

Чрезвычайно интересно дѣйствіе на эти лучи магнитовъ. Тутъ снова сразу обнаруживается различіе между положительнымъ и отрицательнымъ свѣтомъ.

Въ трубкѣ, разрѣженіе которой доведено до той степени, что положительный слоистый свѣтъ заполняетъ собой еще почти весь промежутокъ между электродами, этотъ свѣтъ подъ вліяніемъ магнита производитъ на насъ впечатлѣніе соотвѣтственнаго вида эластической ленты, натянутой между электродами: если поднести къ трубкѣ магнитъ, то, въ зависимости отъ полюса, которымъ магнитъ будетъ повернутъ къ трубкѣ, свѣтъ будетъ притягиваться или отталкиваться; притягивается вся эта лента до тѣхъ поръ, пока только она соприкасается съ электродами. Иногда получается удивительное вращательное движеніе, которое представляетъ особенный интересъ.

Если помѣстить въ гейсслеровой трубкѣ прямой магнитъ, который такимъ образомъ будетъ совершенно отдѣленъ отъ воздуха стеклянными ея стѣнками, и если окружить его снопомъ извѣстнаго уже намъ сіянія (какъ это дѣлается, видно изъ рисунка помѣщеннаго на стр. 383), то снопъ этотъ начинаетъ вращаться вокругъ магнита. Эти слои, которые теперь въ таинственномъ свѣтѣ встрѣчаются и пересѣкаются другъ съ другомъ, очень напоминаютъ собой лучи полярнаго сіянія, и мы можемъ съ большой вѣроятностью предполагать, что причины его возник-



Фокусъ лучей, испускаемыхъ катодомъ, имѣющимъ форму вогнутаго зеркала. См. текстъ, стр. 376.

новенія тѣ же, что и въ наблюдаемомъ нами явленіи. Тѣ слои атмосферы, въ которыхъ такія сіянія происходятъ, состоятъ изъ того же разрѣженнаго воздуха, который мы получаемъ въ нашихъ трубкахъ; въ этихъ частяхъ атмосферы есть электрическіе заряды, которые испытываютъ магнитное вліяніе земного шара. Аппаратъ, поразительно воспроизводящій полярныя сіянія, былъ устроенъ Де ла Ривомъ уже въ 70-хъ годахъ 19-го столѣтія.

Магнитъ дѣйствуетъ и на катодные лучи, но только совершенно иначе. Прежде всего устанавливается полная ихъ независимость отъ анода. Если пропустить сквозь щель, продѣланную въ алюминіевой пластинкѣ bd (см. рисунокъ на стр. 384), пучекъ катодныхъ лучей, то онъ отклонится подъ вліяніемъ магнита, какъ гибкая, упругая какъ бы прикрѣпленная къ одному только катоду пластинка eg.

Лучи распредѣляются при этомъ по нѣкоторой поверхности, ограниченной магнитными силовыми линіями. Если трубку съ катодными лучами положить на близко отстоящіе другъ отъ друга полюсы сильнаго электромагнита (см. рис. на стр. 384) то катодный свѣтъ K образуетъ дугу, перекидывающуюся отъ одного полюса на другой. Анодный свѣтъ A, идущій съ другой стороны, находится на извѣстномъ совершенно опредѣленномъ разстояніи отъ этой дуги; на слоистость его эта дуга не оказываетъ, повидимому, никакого вліянія.

Если предположить что частички, образующія катодные лучи, выполняютъ переносъ электричества, то изъ дѣйствія магнитной силы на такія частички можно вывести отношеніе ихъ заряда e къ ихъ массѣ m.

Въ электролитическихъ процессахъ, совершающихся въ гальваническихъ батареяхъ, это отношеніе $\frac{e}{m}$ имѣетъ постоянное значеніе; это показалъ уже Фарадей. Это показываетъ, что электрическій зарядъ передается отъ одного полюса батареи къ другому тѣмъ медленнѣе, чѣмъ тяжелѣе то вещество, которое его переноситъ. Если нѣчто подобное происходитъ и между электродами, то и тутъ должно имѣть мѣсто постоянство сказаннаго отношенія. Но отъ быстроты частичекъ, образующихъ катодные лучи, зависитъ та или другая степень ихъ способности къ отклоненію подъ вліяніемъ магнитной силы; такимъ образомъ по этой способности мы можемъ судить и о скорости. Съ того времени, какъ Кауфманъ показалъ постоянство этого $\frac{e}{m}$ для явленій въ гитторфовыхъ трубкахъ, это отношеніе было изслѣдовано въ 1900 г. другими лицами; измѣреніе даетъ, разумѣется, не самую скорость частичекъ, а отклоненіе ихъ, то есть производную отъ скорости.

Въ послѣднее время Вихертъ показалъ, что скорость катодныхъ лучей равна одной трети скорости свѣта, то есть приблизительно 100.000 км. Вѣроятно, съ такой скоростью перемѣщаются частички въ катодныхъ лучахъ. Онѣ движутся гораздо быстрѣе, чѣмъ самый легкій элементъ, водородъ, когда онъ участвуетъ въ электролитическомъ процессѣ; поэтому онѣ должны быть или въ соотвѣтственное число разъ меньше частицъ водорода, или должны быть сильнѣе заряжены. Во всякомъ случаѣ онѣ гораздо больше атомовъ эѳира, совершающихъ передачу свѣта, потому что онѣ не проходятъ сквозь стѣнки трубки, между тѣмъ какъ эти настоящіе носители электричества проходятъ.

Чрезвычайно интересенъ и цѣненъ съ нашей точки зрѣнія опытъ съ катодными лучами, сдѣланный Филипсомъ. Онъ бралъ желѣзные электроды, которые всегда можно было сильно намагнитить. Если пропустить электрическій токъ черезъ электроды при минимальномъ давленіи въ трубкѣ, доходящемъ едва до 0,008 мм. ртутнаго столба, потомъ разомкнуть токъ и намагнитить электроды, то въ трубкѣ получатся совершенно удивительныя вихревыя движенія. Тамъ получатся свѣтящіяся вращающіяся кольца, расположенныя осями своими перпендикулярно къ силовымъ магнитнымъ линіямъ. Спустя нѣсколько секундъ, самое большее черезъ минуту, кольца исчезаютъ, но уже до того они начинаютъ вращаться все медленнѣе и медленнѣе. Они занимаютъ совершенно то же положе-

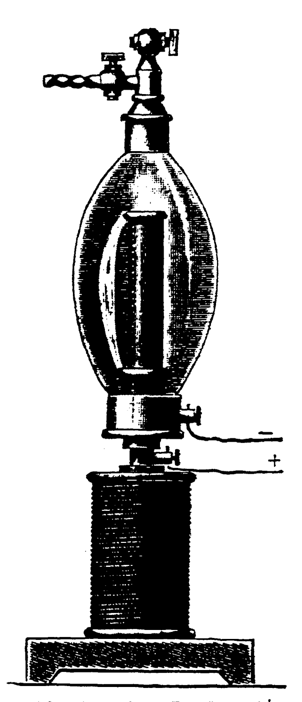
ніе, обладаютъ совершенно тѣми же движеніями, что и электрическіе токи, порождающіе электромагнетизмъ. Мы ясно видимъ, что явленія эти—послѣдствія другихъ главныхъ явленій; они показываютъ намъ сразу, что эти токи увлекаютъ за собой матерію катодныхъ лучей и что матерія эта ни въ какомъ случаѣ не можетъ быть главной носительницей электричества.

Если катодные лучи выпустить изъ трубки черезъ алюминіевое окно (стр. 379), и если эти лучи будутъ теперь падать въ темномъ помѣщеніи на отрицательно заряженный электроскопъ, то электроскопъ этотъ разрядится, какъ онъ разряжается подъ вліяніемъ падающаго на него ультрафіолетоваго свѣта. Катодные лучи сообщаютъ воздуху проводимость, такъ что теперь онъ можетъ снять съ электроскопа этотъ зарядъ. Это чрезвычайно странное явленіе: мы встрѣчаемъ его повсюду при изученіи тѣхъ родовъ лучей, о которыхъ мы еще будемъ говорить, и оно еще ждетъ объясненія. Говоря о дѣйствіи ультрафіолетовыхъ лучей мы уже подчеркнули то обстоятельство, что это явленіе происходитъ лишь при отрицательныхъ зарядахъ; при зарядахъ же положительныхъ свѣтъ такого дѣйствія не оказываетъ. По отношенію къ катоднымъ лучамъ, это дѣйствіе тѣмъ страннѣе, что они являются носителями отрицательныхъ зарядовъ, а, стало быть, по нашимъ понятіямъ, если бы и могли оказывать разряжающее вліяніе, то только на зарядъ положительный.

Мы видѣли, что катодные лучи появляются въ трубкѣ лишь при извѣстной степени разрѣженія газа и по мѣрѣ возрастанія этого разрѣженія становятся все сильнѣе и сильнѣе. Но это продолжается не безпредѣльно. При очень сильныхъ разрѣженіяхъ явленіе это ослабѣваетъ и, наконецъ, при уменьшеніи давленія въ трубкѣ приблизительно до 0,001 мм. прекращается уже совсѣмъ. Но мы въ состояніи вести разрѣженіе еще дальше, мы можемъ уменьшить давленіе до величины приблизительно въ сто разъ меньшей, такъ что подъ конецъ въ трубкѣ остается лишь одна 76 милліонная первоначальной массы газа, находившейся подъ давленіемъ въ одну атмосферу. Не такъ давно думали, что такая пустота исключаетъ возможность прохожденія имѣющихся въ нашемъ распоряженіи токовъ. Тѣмъ не менѣе свѣтъ безпрепятственно проходитъ черезъ эту почти совершенную пустоту. Наполняетъ трубку, стало быть, световой эѳиръ, который до сихъ поръ считали по отношенію къ электричеству почти совершеннымъ непроводникомъ. Но по взглядамъ, которые раздѣляемъ мы, это представленіе совершенно не мыслимо. Изъ опытовъ, разобранныхъ нами въ предыдущей главѣ, прямо слѣдуетъ, что этотъ свѣтовой эѳиръ и является настоящимъ носителемъ электричества. Стало быть, непроводникомъ онъ можетъ быть самое большее въ томъ смыслѣ, въ какомъ, скажемъ, свѣтящееся тѣло не можетъ быть освѣщено; какъ не могутъ быть тяжелыми атомы, обусловливающіе своимъ дѣйствіемъ тяготѣніе; тяжелыми мы бы могли ихъ назвать развѣ тогда, когда мы предположили бы, что есть другія еще меньшія частички матеріи, которыя оказываютъ своими ударами на до сихъ поръ наименьшіе, по нашему предположенію, атомы точно такое же дѣйствіе, какъ тѣ на видимыя нами большія тѣла. Гольдштейнъ показалъ, что если раскалить катодъ до бѣла, то несмотря на самыя сильныя разрѣженія газа, испусканіе катодныхъ лучей не прекращается. Отсюда можно заключить, что электричество, повидимому, должно только преодолѣть большее сопротивленіе при переходѣ изъ металла въ пустоту и что колебанія частицъ раскаленнаго до бѣла катода доставляютъ ему необходимую для этого силу.

Ленаръ недавно (1900 г.) произвелъ опытъ, который заставляетъ насъ отказаться отъ довольно таки распространеннаго представленія, согласно которому передача электричества должна совершаться главнымъ образомъ при помощи мельчайшихъ частицъ газовъ. Онъ взялъ для этого опыта одну изъ своихъ трубокъ съ сдѣланнымъ въ ней алюминіевымъ окномъ, изъ которой газъ былъ выкачанъ до 0,002 мм. Это такое разрѣженіе, что электрическій токъ уже не можетъ вызвать въ трубкѣ катодныхъ лучей. Но если противоположный катоду электродъ былъ отведенъ къ землѣ, то изъ катода, до сихъ поръ заряженнаго отрицательно, выбрасывались настоящіе катодные лучи, причиной появленія которыхъ

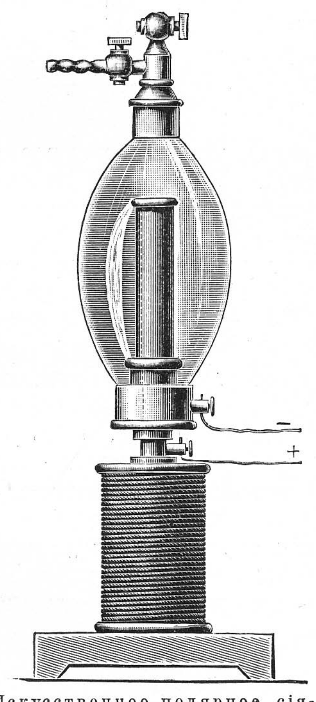
были падающіе на этотъ электродъ ультра-фіолетовые лучи. Такимъ образомъ, наиболѣе быстрыя изъ извѣстныхъ намъ свѣтовыхъ колебаній производятъ электрическія дѣйствія совершенно особаго рода. Свѣтовыя эѳирныя волны попадаютъ въ промежутки между молекулами вещества электродовъ, и часть ихъ превращается въ волны неизвѣстной еще намъ длины, которыя и вызываютъ электрическія явленія. Эти явленія должны бы наблюдаться и во всѣхъ другихъ тѣлахъ, на которыя попадаетъ свѣтъ, но въ большинствѣ случаевъ, дѣйствія эти по своей незначительности или сами по себѣ незамѣтны или же уничтожаются о разнаго рода противодѣйствія. Наибольшую химическую энергію проявляетъ свѣтъ ультрафіолетовый, что, напримѣръ, видно изъ его способности производить химическія разложенія. Такимъ образомъ, разъ эти наиболѣе быстрыя изъ движеній эѳира проникаютъ съ такой энергіей въ движенія молекулъ, совершающіяся внутри вещества, то становится понятнымъ и то, почему именно этотъ свѣтъ обладаетъ наибольшей способностью къ извѣстнымъ электрическимъ дѣйствіямъ.



Искусственное полярное сіяніе въ Гейсслеровой трубкѣ. См. текстъ, стр. 380.

Если дѣло происходитъ при обычныхъ условіяхъ, то лучи, снова выходя изъ тѣла наружу, въ воздухъ, можетъ быть, увлекаютъ имѣющееся уже въ тѣлѣ электричество, которое такимъ образомъ уносится въ воздухъ. Другое дѣло, когда явленіе протекаетъ въ такъ называемой пустотѣ, гдѣ условія гораздо проще: тутъ мы дѣйствительно видимъ электрическія движенія мельчайшихъ частичекъ. Выясняется все больше и больше, что движеніе электричества происходитъ именно въ свѣтовомъ эѳирѣ, что видимыя нами электрическія явленія представляютъ собой лишь процессы вторичные. Въ частности, то, что мы видимъ или какъ нибудь иначе воспринимаемъ, въ лучахъ катодныхъ, на самомъ дѣлѣ будетъ только ничтожнымъ движеніемъ оставшихся въ трубкѣ количествъ газа, которыя вовлечены эѳирными вихрями въ ихъ собственное движеніе. Нѣтъ сомнѣнія, что эти ничтожныя количества газа способствуютъ электрическому разряду въ значительной степени: токъ черезъ трубку, въ которой произведено разрѣженіе, проходитъ въ началѣ процесса разрѣженія легче именно потому, что тутъ частички, вовлеченныя въ вихревыя движенія и увлекаемыя ими далѣе, имѣютъ возможность особенно свободно перемѣщаться. Но по мѣрѣ того, какъ разрѣженіе возрастаетъ, увеличивается и сопротивленіе трубки, что объясняется тѣмъ, что участіе, которое принимаетъ въ распространеніи электричества газъ, при удаленіи его должно становиться все слабѣе и слабѣе. Но изъ того, что сказано нами, вовсе не слѣдуетъ, что пространство, наполненное только свѣтовымъ эѳиромъ, не проницаемо для электричества, какъ то думали раньше.

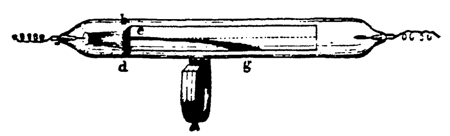
Катодные лучи представляютъ собой явленіе вторичное уже потому, что направленіе ихъ не зависитъ отъ положенія анодовъ. Обмѣнъ электричествъ можетъ происходить только между электродами; нѣтъ сомнѣнія, что при этомъ электричество перемѣщалось бы по прямому пути, но его заставляютъ двигаться по нѣсколько иному пути газовыя частички, которыя сами движутся подъ вліяніемъ своихъ зарядовъ прямолинейно. Изъ послѣдующихъ изслѣдованій мы увидимъ, что обмѣнъ электричествъ происходитъ главнымъ образомъ, какъ и предполагали, между электродами по наиболѣе прямому изъ допускаемыхъ условіями путей, что стеклянныя стѣнки трубки не играютъ при этомъ никакой роли, и потому обмѣнъ можетъ происходить даже внѣ самой трубки.



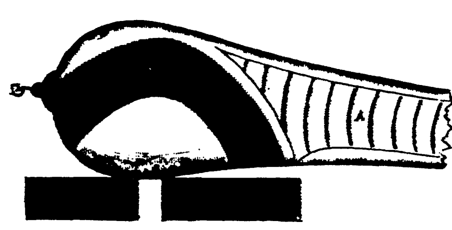
Искусственное полярное сіяніе въ Гейсслеровой трубкѣ.
См. текстъ, стр. 380.

b) Рентгеновы лучи.

Производя въ 1895 г. опыты съ катодными лучами, Вюрцбургскій профессоръ Рентгенъ (см. портретъ на стр. 387) увидѣлъ, что покрытый платиново-синеродистымъ баріемъ экранъ, какіе обыкновенно употребляются для обнаруженія ультрафіолетовыхъ лучей, случайно находившійся по близости, вдругъ началъ свѣтиться въ совершенно темномъ пространствѣ: на него какъ-будто падалъ такой ультрафіолетовый свѣтъ. Причиной такого свѣченія была несомнѣнно *трубка Гитторфа*. Но во взятой Рентгеномъ трубкѣ какъ разъ не было алюминіева окна, такъ что находящіеся въ ней катодные лучи не могли выходить наружу и не могли падать на экранъ. Дѣйствіе, очевидно, исходило изъ того свѣтившагося зеленоватымъ свѣтомъ мѣста трубки, которое находится насупротивъ катода, то есть изъ антикатода. Но можетъ ли этотъ свѣтъ самъ дѣйствовать на экранъ съ такой силой? Поэтому трубку завернули въ черное сукно, такъ что глазъ уже совершенно не видѣлъ свѣта. Но экранъ продолжалъ свѣтиться по прежнему. Тогда между экраномъ и трубкой была поставлена толстая деревянная пластинка: въ дѣйствіи на экранъ не замѣчалось никакихъ перемѣнъ. Но когда положили на одну сторону экрана руку, то по другую сторону увидали настоящее чудо: подъ вліяніемъ этого новаго рода лучей на экранѣ получилось изображеніе тѣни, но не столько всей руки, сколько ея костей. *Кости обрисовывались отчетливо*, мясо обозначалось только легкими нѣжными тѣнями. Такимъ образомъ *рентгеновы лучи*, какъ ихъ тогда сразу и назвали, могли проходить черезъ то, что было для всякаго другого свѣта непроницаемо. Невидимое, да и вообще совершенно незамѣтное дѣйствіе, оказывается, обладало большей силой, чѣмъ самый яркій свѣтъ: надо было только взять соотвѣтственный чувствительный экранъ и сдѣлать явленіе видимымъ глазу. Такимъ образомъ предъ нами раскрылась не только одна изъ тайнъ окружающей насъ природы, мы могли теперь заглянуть вглубь нашего собственнаго живого тѣла, куда до того человѣческій глазъ еще не проникалъ. При этомъ мы видимъ не только скелетъ, отчетливость изображенія котораго доходитъ до того, что все это кажется чѣмъ-то сверхъестественнымъ, мы видимъ сердце, бьющееся въ закрытой ребрами грудной клѣткѣ, мы видимъ его ритмическія движенія, дарящія намъ каждую секунду опять и опять жизнь.



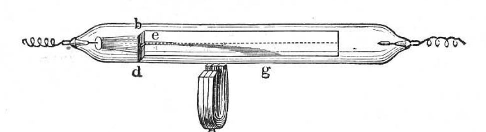
Отклоненіе катодныхъ лучей подъ вліяніемъ магнита. См. текстъ, стр. 381.



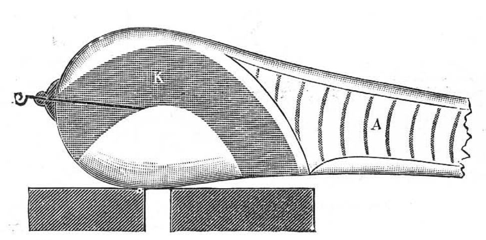
Катодный и анодный свѣтъ подъ дѣйствіемъ магнита. См. текстъ, стр. 381.

Развѣ не ясно, что это явленіе должно было заинтересовать сразу всѣ умы, что ни одно другое открытіе, какъ бы цѣнно оно ни было для прогресса всего естествознанія, не могло съ такой быстротой стать общеизвѣстнымъ, какъ это свойство или слѣдствіе электрическаго разряда, случайно найденное вюрцбургскимъ профессоромъ, которое и въ другихъ своихъ проявленіяхъ, напримѣръ, въ катодныхъ лучахъ, является и для ума человѣка науки едва ли меньшей загадкой, едва ли меньшимъ чудомъ?

Но какое мѣсто отведемъ мы рентгеновымъ лучамъ въ нашей картинѣ явленій природы. Для того чтобы отвѣтить на этотъ вопросъ, надо раньше ближе познакомиться съ остальными свойствами этихъ лучей. Такъ какъ эти лучи заставляютъ флюоресцировать тѣ же тѣла, что и ультра-фіолетовый свѣтъ, то естественно было раньше всего предположить, не представляютъ ли они собой тѣхъ же короткихъ волнъ, которыя также невидимы для нашего глаза; но отъ этого предположенія пришлось тотчасъ же отказаться: ультра-фіолетовый свѣтъ не обладаетъ главнымъ свойствомъ рентгеновыхъ лучей, ихъ *способностью проходить*



Отклоненіе катодныхъ лучей подъ вліяніемъ магнита. См. текстъ, стр. 381.



Катодный и анодный свѣтъ подъ дѣйствіемъ магнита. См. текстъ, стр. 381.

сквозь вещества; онъ даже лучше поглощается, чѣмъ обыкновенный свѣтъ; въ особенности хорошо поглощается онъ, какъ отмѣчено у насъ на стр. 233, стекломъ. Рентгеновы лучи проходятъ даже сквозь слои металловъ, которые вполнѣ отражаютъ падающій на нихъ свѣтъ.

Напротивъ того, они и ультра-фіолетовый свѣтъ, кромѣ общаго флюоресцирующаго дѣйствія, имѣютъ еще и общія фотохимическія свойства. При помощи нихъ можно изготовлять путемъ особаго фотографическаго процесса рентгеновскіе снимки, такъ называемыя радіографіи. Разумѣется, при этомъ фотографическіе аппараты не нужны, потому что рѣчь идетъ тутъ лишь о закрѣпленіи тѣневыхъ изображеній. Въ первое время помѣщали подъ антикатодомъ гитторфовой трубки очень близко отъ нея обыкновенную свѣточувствительную пластинку b, завернувъ ее предварительно для предохраненія отъ дѣйствія обыкновеннаго свѣта въ черную бумагу; предметъ, который предполагалось радіографировать, напримѣръ, лягушку, клали прямо на эту пластинку (см. рисунокъ на стр. 388). Въ первое время для полученія изображенія костей руки на пластинкѣ, требовалось около пяти минутъ. Теперь продолжительность экспозиціи гораздо меньше. Потомъ мы еще вернемся къ нѣкоторымъ техническимъ подробностямъ современнаго радіографированія.

По своей необычайной способности къ прохожденію черезъ разнаго рода вещества рентгеновы лучи отличаются весьма значительно и отъ катодныхъ лучей, которые должны предшествовать ихъ возникновенію: катодные лучи не обладаютъ способностью проходить сквозь стѣнки стеклянной трубки, рентгеновы проходятъ наружу совершенно свободно. Поэтому мы въ правѣ были предположить, что рентгеновы лучи уже въ самой трубкѣ перемѣшаны съ лучами катодными; у насъ есть много основаній думать, что катодные лучи состоятъ изъ лучей различнаго рода. Вещество, являющееся носителемъ лучей рентгеновыхъ, должно быть только тоньше того, которое образуетъ лучи катодные, и потому можетъ проходить сквозь стѣнки стеклянной трубки. Это „просѣиваніе" вполнѣ объяснило бы намъ, если-бъ оказалось, что рентгеновы лучи отличаются отъ катодныхъ и въ другихъ отношеніяхъ, почему это именно такъ. Такъ, напримѣръ, если принять наше предположеніе, то рентгеновы лучи должны отражаться очень слабо или совсѣмъ не отражаться, разъ катодные лучи, какъ это имѣетъ мѣсто на самомъ дѣлѣ, испытываютъ весьма значительныя отраженія. Отраженіе и способность проходить сквозь вещество другъ друга исключаютъ: чѣмъ больше частицъ пройдетъ сквозь предметъ, тѣмъ меньше отъ него отразится. Разъ лучи проходятъ сквозь вещество, то тѣмъ самымъ дѣлается невозможнымъ сколько-нибудь значительное ихъ преломленіе, которое является прямымъ послѣдствіемъ сопротивленія, встрѣчаемаго лучами при прохожденіи сквозь вещество. Поэтому рентгеновы лучи не могутъ быть сведены въ одну точку, какъ лучи катодные и, стало быть, не можетъ быть ни увеличенныхъ, ни уменьшенныхъ рентгеновскихъ снимковъ.

Во всякомъ случаѣ рентгеновы лучи не обладаютъ главными свойствами свѣта, и потому съ самаго же начала возникло сомнѣніе въ томъ, имѣемъ ли мы здѣсь вообще дѣло съ волнообразнымъ движеніемъ, съ однимъ изъ тѣхъ движеній, которыя, согласно тому, что мы до сихъ поръ узнали, составляютъ основу всѣхъ физическихъ процессовъ, кромѣ явленій тяжести. Мы можемъ представить себѣ рентгеновы лучи, напримѣръ, въ видѣ града атомовъ эѳира, которые передвигаются по направленію отъ антикатода и подобно атомамъ, производящимъ передачу свѣтовыхъ волнъ, ничѣмъ не связаны другъ съ другомъ: стало быть, въ такихъ лучахъ мы будемъ имѣть свѣтъ безъ какого бы то ни было волнообразнаго движенія. Такіе лучи были бы похожи на тѣ эѳирные потоки, которыми мы объясняемъ дѣйствіе тяготѣнія.

Но, съ другой стороны, мы не знаемъ до сихъ поръ ни одного факта, который говорилъ бы противъ волнообразной природы рентгеновыхъ лучей. Если-бъ вокругъ насъ были только одни прозрачныя тѣла, пропускающія свѣтъ, какъ разрѣженные газы, то мы не знали бы ни преломленія свѣта, ни отраженія его,

ни другихъ свойствъ этого волнообразнаго движенія. Большая способность новыхъ лучей къ прохожденію сквозь разныя вещества создаетъ на пути изслѣдованія только большія практическія трудности. Поэтому, несмотря на отсутствіе въ рентгеновыхъ лучахъ способности къ преломленію и отраженію удалось, какъ то предполагали раньше, найти ихъ диффракцію, то явленіе, которымъ пользуются для точнаго опредѣленія длины свѣтовыхъ волнъ. Теперь уже диффракцію рентгеновыхъ лучей удалось наблюдать (Хага и Виндъ). Планъ опыта въ главныхъ чертахъ тотъ же, что и при изслѣдованіи свѣта (стр. 259). Въ платиновомъ листкѣ были продѣланы щели шириной всего въ 0,001 мм., сквозь которыя эти лучи и проходили въ теченіи почти 200 часовъ; тогда на фотографической пластинкѣ появлялись микроскопически тонкія черточки, судя по ширинѣ которыхъ, длину предполагаемыхъ волнъ можно положить въ 270 милліонныхъ миллиметра и менѣе до 200 тысячемилліонныхъ мм. включительно; такимъ образомъ эти волны тысячи въ три разъ меньше волнъ желтаго свѣта и еще приблизительно въ тысячу разъ меньше самыхъ малыхъ изъ извѣстныхъ намъ волнъ ультрафіолетоваго свѣта. Вскорѣ послѣ того, какъ эти лучи были открыты, Дж. Дж. Томсонъ показалъ, что всѣ ихъ свойства становятся вполнѣ понятными, если предположить что длина ихъ волны, по крайней мѣрѣ, въ 15 разъ меньше самыхъ крайнихъ ультра-фіолетовыхъ лучей. Если бы тѣ тонкія наблюденія, о которыхъ мы только что говорили, оказались дѣйствительно ошибочными, то во всякомъ случаѣ они показываютъ намъ, что, если рентгеновы лучи и представляютъ собой волнообразное движеніе, то волны эти во всякомъ случаѣ необычайно коротки.

Но соображеніе это въ извѣстной степени противорѣчитъ оптическимъ законамъ: самыя короткія волны въ то же время и наиболѣе преломляющіяся, между тѣмъ рентгеновы лучи вовсе не преломляются. Противорѣчіе это можно устранить; мы можемъ предположить одно изъ двухъ: либо лучи эти вовсе не порождаются волнообразнымъ движеніемъ, либо это волны, но число колебаній такихъ чрезвычайно малыхъ волнъ уменьшено, такъ что меньше становится и сопротивленіе, оказываемое этому волнообразному движенію веществами. Но число колебаній можетъ быть меньше только въ томъ случаѣ, когда соотвѣтственно уменьшится скорость распространенія волнъ (см. стр. 226). Дѣйствительно, можно думать, что скорость распространенія этого рода волнъ значительно меньше скорости распространенія свѣта, но больше скорости катодныхъ лучей: по крайней мѣрѣ, найденныя скорости, повидимому, равны приблизительно 100,000 км., то есть величинѣ въ три раза меньшей скорости свѣта. Но наблюденія эти грѣшатъ нѣкоторыми основными ошибками, и потому окончательно высказаться въ томъ или другомъ смыслѣ относительно волнообразной природы рентгеновыхъ лучей можно будетъ, вѣроятно, не скоро. Тѣмъ не менѣе, въ виду того, что они, какъ показали упомянутыя нами изслѣдованія, могутъ обладать лишь весьма короткой волной, мы въ правѣ предположить невозможность нѣкоторыхъ ихъ дѣйствій.

Теперь посмотримъ, какими другими отрицательными свойствами отличаются эти странные лучи: дѣйствительно, они представляютъ собой почти совершенное ничто, но тѣмъ не менѣе это ничто производитъ удивительнѣйшія дѣйствія, и намъ приходится признать, что тамъ, гдѣ матерія, по нашимъ представленіямъ, повидимому, уже кончается, на самомъ дѣлѣ не лежатъ еще настоящія границы природы.

Рентгеновы лучи, въ противоположность катоднымъ, электричествомъ не заряжены (Кюри и Саньякъ). Поэтому магнитъ ихъ не отклоняетъ, и ничто не можетъ воспрепятствовать имъ распространяться прямолинейно. Но для того, чтобы еще болѣе поразить насъ разными противорѣчіями и чудесами, они, эти неэлектрическіе лучи, производятъ въ проводникахъ электричество: въ этомъ отношеніи они, стало быть, похожи на лучи ультра-фіолетовые (см. стр. 366). Но ультра-фіолетовые лучи производятъ только отрицательные заряды или превращаются въ лучи катодные, рентгеновы лучи, въ зависимости отъ вещества, на которое они дѣйствуютъ, могутъ извлекать изъ него какъ то, такъ и другое элек-

тричество. **Винкельманъ** произвелъ слѣдующій опытъ: онъ помѣстилъ другъ противъ друга двѣ пластинки, мѣдную и алюминіевую, въ ящикѣ, куда былъ прегражденъ доступъ свѣта и наружнаго воздуха. Въ ящикѣ было устроено алюминіевое окно, черезъ которое можно было направлять на находящуюся внутри алюминіевую пластинку рентгеновы лучи. Обѣ пластинки соединяли проводниками съ гальванометромъ; подъ вліяніемъ падавшихъ на алюминіевую пластинку Рентгеновыхъ лучей появлялся токъ, который, какъ можно было опредѣлить при помощи гальванометра, обладалъ напряженіемъ приблизительно въ 0,5 вольта, то есть напряженіемъ приблизительно въ три раза меньшимъ, чѣмъ обыкновенный элементъ Даніэля. Быть можетъ, тутъ происходитъ совершенно то же, что наблюдалъ Ленаръ при образованіи катодныхъ лучей изъ ультра-фіолетоваго свѣта (см. стр. 382). **Воздухъ проводитъ электричество электролитически.**



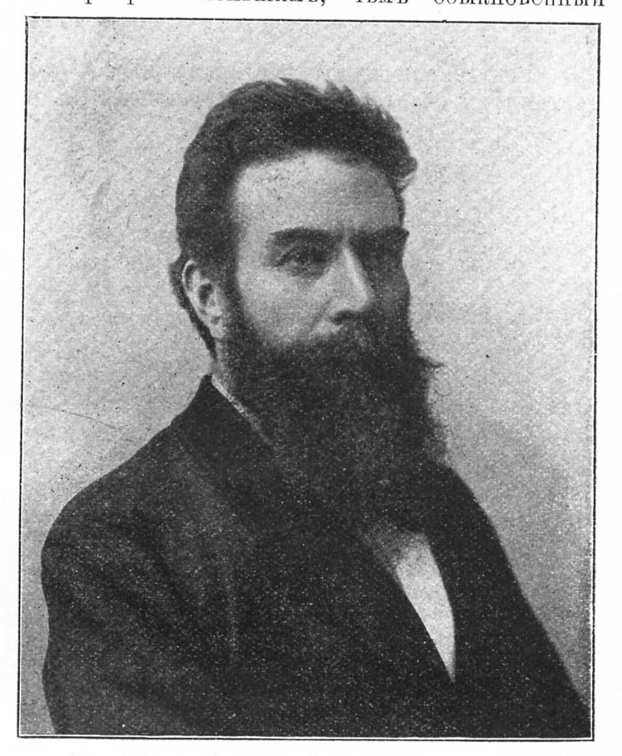
Вильгельмъ Конрадъ Рентгенъ. Съ фотографіи. См. текстъ, стр. 384.

Въ силу то этого рентгеновы лучи, подобно лучамъ катоднымъ и ультра-фіолетовымъ, разряжаютъ проводники, заряженные электричествомъ: окружающій ихъ воздухъ перестаетъ быть изоляторомъ. Но катодные и ультра-фіолетовые лучи дѣйствуютъ сказаннымъ образомъ только на отрицательные заряды, рентгеновы же лучи снимаютъ съ проводниковъ электричество какъ одного, такъ и другого рода.

Зависитъ это свойство, очевидно, отъ того, что эти лучи не несутъ съ собой никакого заряда: частички, заряженныя отрицательно, отталкиваютъ имѣющееся на тѣлѣ отрицательное электричество и уводятъ его, положительное электричество онѣ, наоборотъ, задерживаютъ, частички же вовсе не заряженныя могутъ освобождать изъ тѣла и затѣмъ уносить съ собой электричество обоихъ родовъ.

Въ совершенномъ соотвѣтствіи съ тѣмъ, что сказано, стоитъ дѣйствіе описанныхъ нами лучей на искровой промежутокъ, когда искры проскакиваютъ въ немъ прямо черезъ воздухъ. Обыкновенно высокія напряженія мѣряютъ длиной искры, проскакивающей въ воздухѣ между двумя остріями, которыя раздвигаютъ до полнаго прекращенія этого разряда въ формѣ искры. Если на отрицательный электродъ будутъ падать лучи ультра-фіолетоваго свѣта, разрядъ приметъ другую форму. Напримѣръ, при индукціонныхъ токахъ разрядъ въ видѣ пучка превратится въ искру (Герцъ), а при освѣщеніи ультра-фіолетовымъ свѣтомъ положительнаго электрода, мы не замѣчаемъ никакихъ измѣненій. Рентгеновы же лучи оказываютъ свое дѣйствіе какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаѣ.

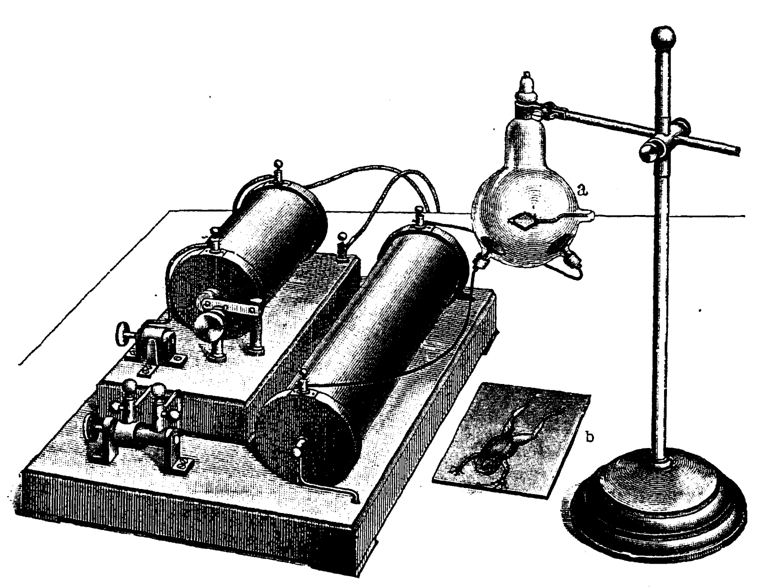
Что эти лучи могутъ заставить свѣтиться другіе при обычныхъ условіяхъ темные предметы, мы уже знаемъ по дѣйствію ихъ на экранъ, при помощи котораго они впервые себя проявили. Но въ этомъ смыслѣ они дѣйствуютъ не только на синеродистую платину, дѣйствіе ихъ сказывается и на другихъ соляхъ, въ томъ числѣ на плавиковомъ шпатѣ, которымъ въ силу этого и пользуются для усиленія фотографическихъ снимковъ. Каменная соль послѣ энергическаго



Вильгельмъ Конрадъ Рентгенъ. Съ фотографіи.
См. текстъ, стр. 384.

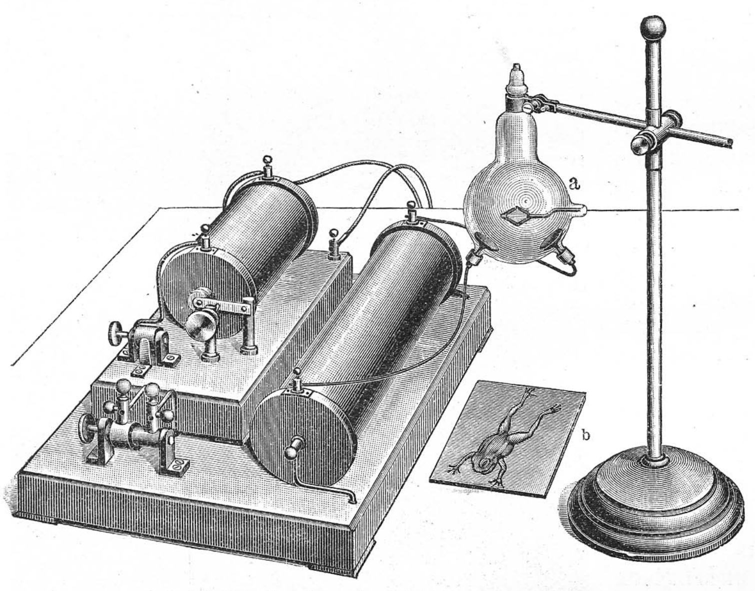
воздѣйствія на нее рентгеновыхъ лучей свѣтится даже потомъ въ теченіи нѣкотораго времени (Кейльгакъ). Въ связи съ этимъ фактомъ стоитъ, вѣроятно, другое удивительное свойство этихъ лучей, открытое Саньякомъ въ 1898 году. Если рентгеновы лучи падаютъ въ теченіи нѣкотораго времени на металлическую пластинку, то свойства ихъ въ незначительной степени переносятся на самую пластинку: пластинка, какъ раньше антикатодъ, начинаетъ сама испускать лучи. Въ отличіе отъ лучей, падавшихъ на пластинку, эти лучи называются вторичными. Очевидно, рентгеновы лучи оказываютъ сильное и прочно удерживающееся вліяніе на молекулярныя движенія въ тѣхъ веществахъ, на которыя они падаютъ: въ веществѣ даже послѣ прекращенія ихъ дѣйствія сказывается это вліяніе.

Рентгеновы лучи дѣйствуютъ и на селенъ (Перрò). Селеновый препаратъ, въ темнотѣ обладающій сопротивленіемъ въ 40,000 омовъ, подъ вліяніемъ лучей дневного свѣта, испытываетъ уменьшеніе этого сопротивленія до 33,000 омовъ; если же на него падаютъ рентгеновы лучи, то при разстояніи отъ него трубки въ 0,5 см. сопротивленіе падаетъ до 34,000 омовъ.



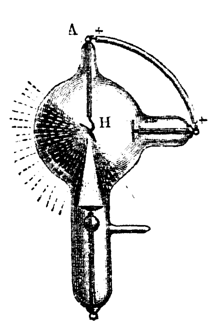
Радіографированіе. См. текстъ, стр. 385.

Если свести вмѣстѣ и сопоставить все, что мы до сихъ поръ узнали о рентгеновыхъ лучахъ, то природу ихъ, правда, еще не вполнѣ отчетливо, мы можемъ представить себѣ слѣдующимъ образомъ. Электрическіе вихри, производимые тѣми эфирными атомами, которые, по основнымъ нашимъ воззрѣніямъ, являются носителями всякаго рода дальнодѣйствій, увлекаютъ за собой находящіяся въ гитторфовыхъ трубкахъ газовыя частицы; чѣмъ меньше будутъ эти частицы, тѣмъ быстрѣе будутъ онѣ двигаться. Эти вихревыя движенія отчасти отдѣляютъ молекулы другъ отъ друга: появляется столько родовъ лучей, сколько было различныхъ по величинѣ комбинацій наличныхъ молекулъ. Соприкасаясь съ катодомъ, молекулы эти заряжаются отрицательно, то есть возбуждаютъ вокругъ себя вторичные электрическіе вихри. Эти то вихри увлекаютъ ихъ прочь отъ катодовъ по прямымъ линіямъ и образуютъ, посколько величина молекулъ дѣлаетъ невозможнымъ ихъ выходъ наружу сквозь поры стекла, катодные лучи. Только самыя малыя частицы, быть можетъ, атомы, которые мы считаемъ все-таки большими, нежели атомы эѳира, передающіе только дѣйствія силъ, въ состояніи пройти наружу сквозь стекло, отдавая ему при прохожденіи свое электричество. Эти мельчайшія частицы движутся со скоростью гораздо большей, нежели лучи катодные и потому вдвойнѣ выигрываютъ, по сравненію съ тѣми, при прохожденію сквозь разныя вещества. Если же онѣ падаютъ на матеріальныя молекулы, то онѣ могутъ или химически расщепить ихъ, или произвести на нихъ фотографическое дѣйствіе, или, наконецъ, привести въ колебательное состояніе заключающійся между ними эѳиръ, которое въ зависимости отъ его харак-



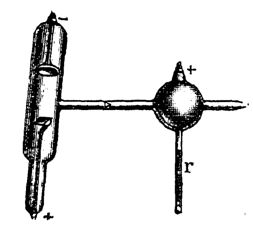
Радіографированіе. См. текстъ, стр. 335.

тера скажется или въ видѣ люминисценціи или въ видѣ электрическихъ дѣйствій: Но эти вылетающія лучеобразно частицы или вовсе не движутся волнообразно, или, если и совершаютъ волнообразныя движенія, то такія, которыя лежатъ много ниже предѣла чувствительности нашихъ зрительныхъ колбочекъ, а потому этихъ лучей мы видѣть не будемъ. Если и удавалось видѣть въ воздухѣ свѣченіе очень интенсивныхъ рентгеновыхъ лучей, то это свѣченіе было лишь сопутствующимъ явленіемъ, вродѣ упомянутой нами люминисценціи каменной соли, потому что свѣтовыя колебанія возникаютъ лишь при столкновеніяхъ частицъ. Подобнымъ образомъ возникаютъ и сіяніе и слабый свѣтъ катодныхъ лучей.

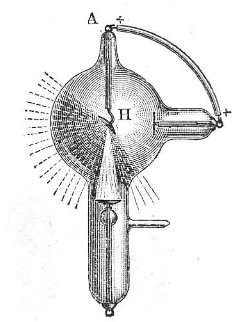


Рентгеновская трубка съ вогнутымъ платиновымъ зеркаломъ въ фокусѣ катодныхъ лучей. См. текстъ ниже.

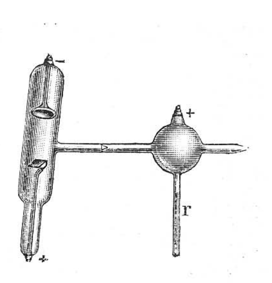
Въ виду возможности примѣненій рентгеновыхъ лучей, а именно въ хирургіи и при научной разработкѣ анатомическихъ вопросовъ, въ послѣдніе годы значительно усовершенствовали аппараты, служащіе для полученія этихъ лучей. Прежде всего обратили вниманіе на то, чтобы придать трубкамъ по возможности практичную и обладающую прочностью форму. Мы уже сказали, что рентгеновы лучи получаются въ опредѣленныхъ предѣлахъ давленій. До тѣхъ поръ пока давленіе газа въ трукѣ еще велико, въ ней не получается достаточно сильныхъ катодныхъ лучей. Если же давленіе слишкомъ мало, то переносъ электричества между электродами совершенно прекращается. Въ трубкѣ во время ея работы давленіе измѣняется, и въ зависимости отъ условій измѣненіе это можетъ происходить какъ въ томъ, такъ и въ другомъ направленіи. Къ стеклянымъ стѣнкамъ трубки, какъ вообще ко всякаго рода твердымъ предметамъ, всегда пристаетъ слой воздуха, часть котораго отдѣляется отъ стѣнокъ вслѣдствіе сильнаго нагрѣванія трубки, обусловливаемаго ударами катодныхъ лучей; при этомъ давленіе газа возрастаетъ, частички же вещества, оторвавшагося отъ электродовъ, поглощаютъ воздухъ. Поэтому надо было позаботиться о томъ, чтобы стѣнки трубокъ не нагрѣвались такъ сильно. Для этого устраиваютъ трубки такъ, чтобы антикатодъ вовсе не получался на стеклѣ стѣнокъ трубки; въ фокусѣ лучей, испускаемыхъ имѣющимъ форму вогнутаго зеркала катодомъ, подвѣшиваютъ другое вогнутое платиновое зеркало H, которое соединяютъ съ обычнымъ анодомъ (смотри рисунокъ выше). Теперь рентгеновы лучи будутъ исходить изъ платиноваго зеркала; дѣйствіе ихъ будетъ въ трубкахъ этого рода сильнѣе, чѣмъ въ прежнихъ трубкахъ, сами же трубки нагрѣваться уже не будутъ. Съ теченіемъ времени такая трубка станетъ бѣднѣе газомъ, и потому будетъ работать, какъ говорятъ, все рѣзче, контрастнѣе, лишь бы только могли проходить самые лучи. Нагрѣваніемъ мы можемъ снова повысить давленіе газа. Такія рентгеновы трубки выпущены въ продажу Гиршманомъ въ Берлинѣ. Сименсъ и Гальске придумали такъ называемыя регулирующіяся рентгеновы трубки; въ нихъ въ боковой трубкѣ помѣщенъ фосфоръ. (см. рис. выше) Фосфоръ обладаетъ свойствомъ при нагрѣваніи поглощать воздухъ. Если давленіе слишкомъ возрастаетъ, пропускаютъ токъ черезъ фосфоръ, до тѣхъ поръ, пока не получится требуемое разрѣженіе; если давленіе слишкомъ мало, то опять таки нагрѣваніе можетъ помочь намъ. Важно было также по возможности усовершенствовать бывшія тогда въ ходу индукціонныя спирали, а именно надо было увеличить, насколько возможно, число прерываній первичнаго тока (стр. 345). Большимъ шагомъ впередъ было примѣненіе въ этихъ приборахъ ртутныхъ прерывателей G, которое, равно какъ и Вагнеровъ молоточекъ F, раньше приводились въ движеніе при помощи электромагнита, въ послѣднее время замѣняющагося небольшимъ электродвигателемъ R,. съ которымъ они соединены ша-



Регулируемая рентгенова трубка. См. текстъ на этой стр.



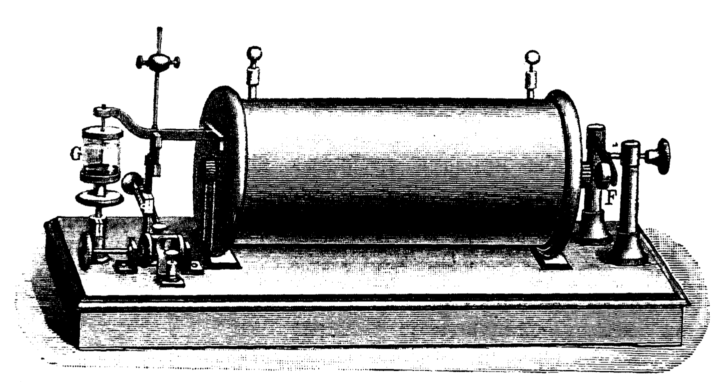
Рентгеновская трубка съ вогнутымъ платиновымъ зеркаломъ въ фокусѣ катодныхъ лучей. См. текстъ ниже.



Регулируемая рентгенова трубка. См. текстъ на этой стр.

туномъ U и пружиной R (см. рисунокъ на стр. 391). Въ этомъ приборѣ игла C то опускается въ сосудъ со ртутью G, то снова выходитъ изъ него, благодаря чему токъ попеременно то замыкается, то размыкается. Надъ ртутью имѣется слой керосина или спирта, который не позволяетъ ртути разбрызгиваться. Приспособленіе это позволяетъ получать до тридцати прерываній въ секунду; напряженія, получающіяся въ наиболѣе совершенныхъ индукціонныхъ спираляхъ доходятъ до 300,000 вольтъ.

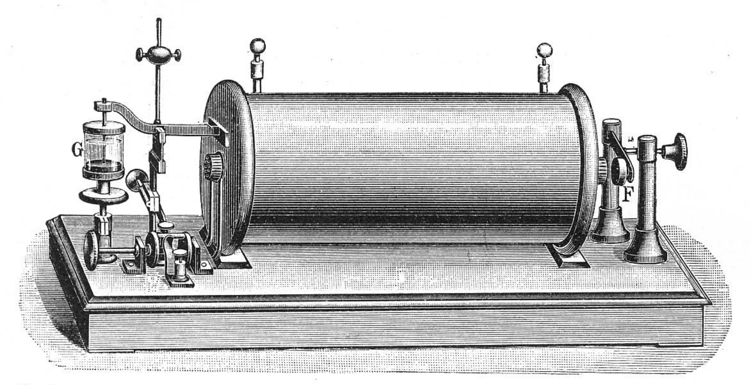
Приборъ для рентгенизаціи въ такомъ видѣ, въ какомъ можно его теперь получить вполнѣ готовымъ къ дѣйствію, того типа, какимъ обыкновенно пользуются при медицинскихъ изслѣдованіяхъ, изображенъ у насъ на стр. 392. Токъ даютъ аккумуляторы BB. Отъ нихъ токъ направляется сперва въ распредѣлительную доску S, на которой находятся амперметръ и вольтметръ; они показываютъ силу и напряженіе первичнаго тока. Пройдя черезъ прерыватель U, токъ попадаетъ въ первичную обмотку индукціонной катушки I. Обѣ выходящихъ изъ индукціонной спирали проволоки соединены какъ съ искромѣромъ AK, по которому судятъ о силѣ индукціоннаго тока, такъ и съ рентгеновой трубкой, привинченной къ штативу.



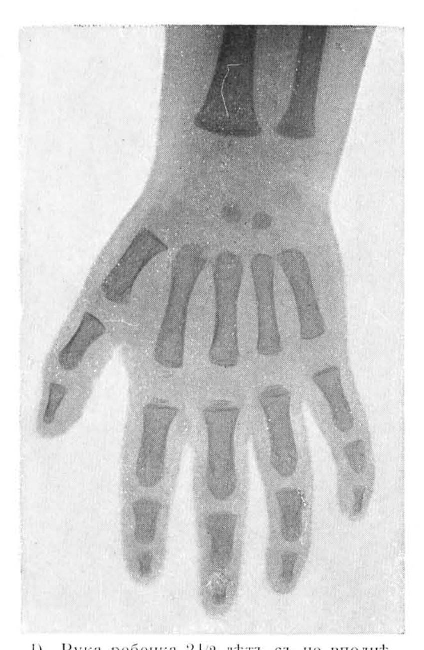
Небольшая индукціонная спираль съ ртутнымъ прерывателемъ и Вагнеровскимъ молоточкомъ. См. текстъ, стр. 387.

Рисунки на стр. 393 и стр. 396 показываютъ, какъ этими приборами пользуются. Первый рисунокъ представляетъ собой изслѣдованіе грудной клѣтки. Лучи проходятъ сквозь верхнюю часть тѣла; при помощи флюоресцирующаго экрана, который повернутъ своей чувствительной стороной къ наблюдателю, глазъ можетъ проникнуть въ скрытую отъ насъ внутренность живого тѣла. На второмъ рисункѣ (стр. 396) изображено фотографированіе при помощи рентгеновыхъ лучей: тотъ, котораго снимаютъ, вовсе не долженъ раздѣваться. Надо только, чтобы на немъ не было металлическихъ пуговицъ, которыя отбрасываютъ портящую снимокъ тѣнь; что касается льняной рубашки, то она не даетъ отпечатка на пластинкѣ, которая помѣщена въ деревянной касеттѣ C и находится тамъ все время, пока освѣщаютъ объектъ лучами; такимъ образомъ снимать можно днемъ при полномъ свѣтѣ. На чувствительный слой пластинки обыкновенно кладутъ для усиленія дѣйствія на нее особый экранъ, покрытый вольфрамово-кислымъ кальціемъ. Эта соль подъ вліяніемъ рентгеновыхъ лучей очень сильно флюоресцируетъ; такимъ образомъ при употребленіи экрана свѣтъ падаетъ прямо на свѣточувствительный слой пластинки и тутъ производитъ химическое разложеніе. Примѣнивъ всѣ эти усовершенствованія, Донатъ получилъ снимокъ плеча и грудной клѣтки въ двѣ секунды, тогда какъ раньше въ теченіи перваго года послѣ открытія Рентгена для такихъ снимковъ требовалось около часа. Но грудная клѣтка должна считаться однимъ изъ наиболѣе трудныхъ объектовъ; рентгеновскій снимокъ болѣе легкихъ объектовъ, напримѣръ, костей руки, теперь можно получить почти моментально.

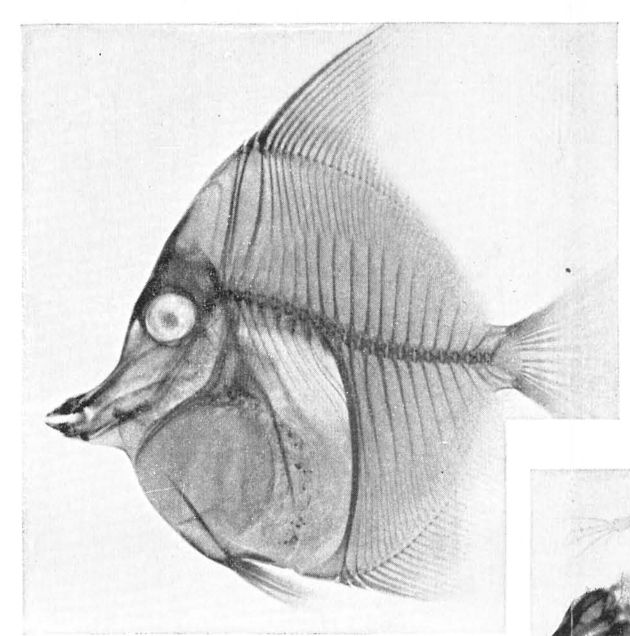
Совершенно ясно высказался въ своемъ докладѣ о примѣненіи радіографіи къ терапіи на съѣздѣ естествоиспытателей въ Мюнхенѣ (1899 г.) Э. Бергманнъ. Онъ прежде всего указалъ на то, что сенсація, которую повсюду произвело это удивительное открытіе, дала поводъ возлагать слишкомъ большія надежды на разнаго рода примѣненія рентгеновыхъ лучей, и что теперь уже пора



Небольшая индукціонная спираль съ ртутнымъ прерывателемъ и Вагнеровскимъ молоточкомъ. См. текстъ, стр. 387.



1) Рука ребенка $2^1/_2$ лѣтъ съ не вполнѣ образовавшимися костями.

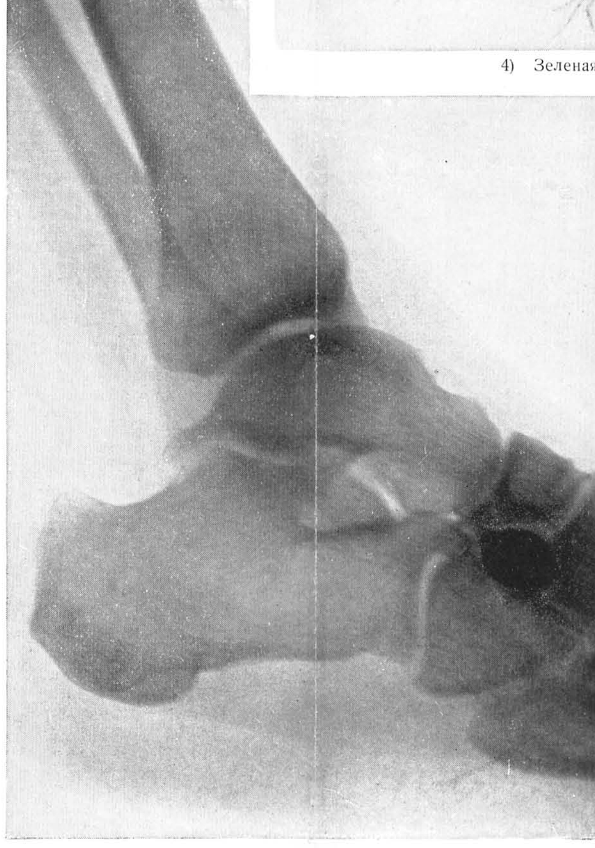


2) Zauclus cornutus, рыба, встрѣчающаяся въ Тихомъ океанѣ.

4) Зеленая

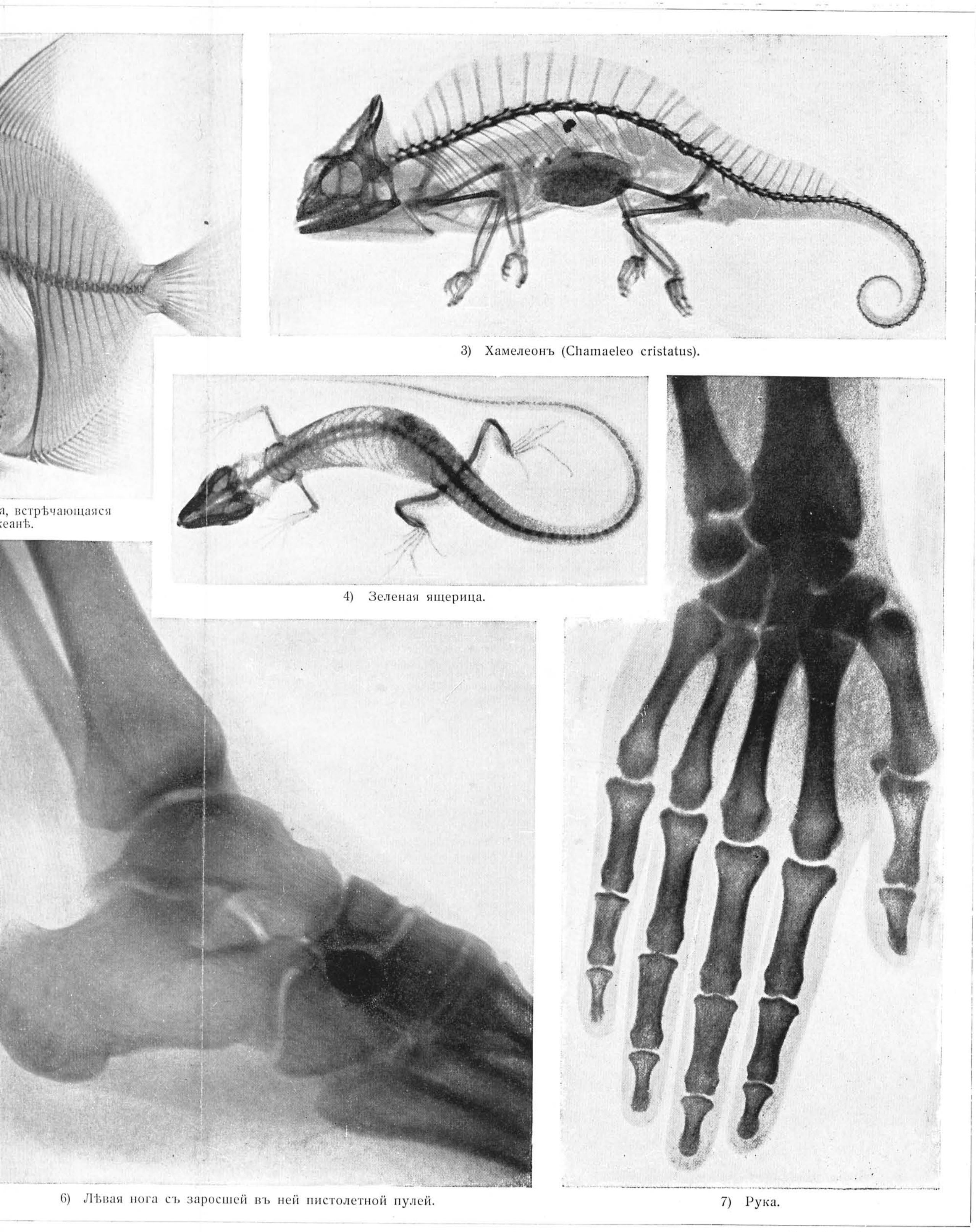


5) Переломъ правой руки со смѣщеніемъ сломанной части.



6) Лѣвая нога съ заросшей въ ней пистолетной пул

Рентгеновскіе снимки.



3) Хамелеонъ (Chamaeleo cristatus).

...а, встрѣчающаяся
...кеанѣ.

4) Зеленая ящерица.

6) Лѣвая нога съ заросшей въ ней пистолетной пулей.

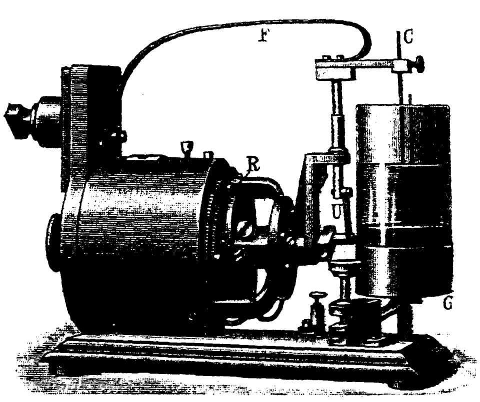
7) Рука.

Рентгеновскіе снимки.

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

остерегаться такихъ преувеличенiй. Что касается дѣйствiя этихъ лучей на бактерiи, мы имѣемъ факты, другъ другу противорѣчащiе; дѣйствiя же ихъ на кожу всѣ такого рода, что могутъ быть вызваны также обыкновенными свѣтовыми и тепловыми лучами. Рентгеновы лучи потому то и имѣютъ высокое значенiе для медицины, что они позволяютъ намъ расширить наши знанiя по анатомiи общей и патологической. Съ того момента, какъ мы научились изслѣдовать съ помощью рентгеновыхъ лучей, въ хирургiи все ученiе о постороннихъ тѣлахъ должно было быть радикально перестроено, а въ ученiе о костныхъ переломахъ могли быть внесены весьма важныя и цѣнныя добавленiя.

На одномъ изъ приложенiй (стр. 390) мы воспроизводимъ рядъ рентгеновскихъ снимковъ. На фигурѣ 1 мы видимъ руку ребенка $2^1/_2$ лѣтъ, на фиг. 7 руку взрослой женщины. Сравнивая обѣ руки, мы замѣтимъ, что кости меньшей руки еще мало развиты и что между ними остаются большiе просвѣты, что позволяетъ костямъ рости дальше. Новый методъ позволяетъ прослѣдить процессъ образованiя костей въ живомъ тѣлѣ; такимъ образомъ, можно замѣтить болѣзненный рахитическiй процессъ еще въ той первой стадiи, когда онъ ничѣмъ себя не проявляетъ во внѣшнемъ состоянiи ребенка. Мы можемъ узнать причину болѣзненныхъ новообразованiй въ членахъ, мы можемъ различить тѣ внутреннiе костные переломы, съ которыми ребенокъ появляется на свѣтъ или смѣщенiе костей (фиг. 5), которое при сравненiи съ нормальной женской рукой становится очевиднымъ даже для человѣка непосвященнаго. На радiографiи ноги (фиг. 6) мы видимъ пистолетную пулю, которая держится между костями, совершенно не нарушая функцiй этого члена. Бергману не разъ приходилось видѣть такiя пули даже въ тонкихъ благородныхъ частяхъ нашего тѣла; такъ у одного изъ участниковъ войны 1870 г. такая пуля сидѣла уже 29 лѣтъ въ легкихъ, о чемъ онъ узналъ лишь послѣ того, какъ былъ сдѣланъ съ него рентгеновскiй снимокъ; до того онъ думалъ, что пуля, попавшая въ него, тотчасъ же отскочила отъ ребра. Пуля, какъ показали изслѣдованiя рентгеновыми лучами, можетъ безъ вреда для человѣка оставаться даже въ мозгу; благодаря этому въ послѣднее время находили возможнымъ не разъ обойтись безъ операцiи устраненiя инородныхъ тѣлъ, представляющей подчасъ большую опасность.

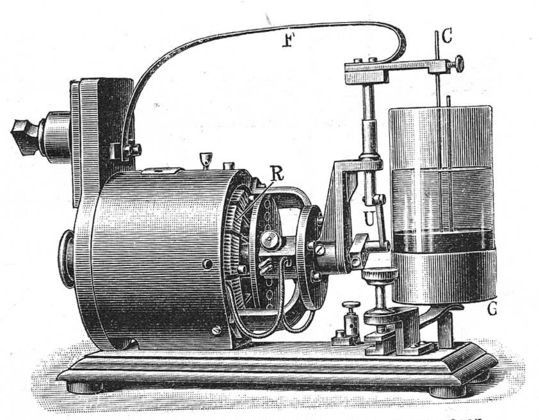


Ртутный прерыватель съ двигателемъ.
См. текстъ, стр. 390

Радiографiя оказала большiя услуги и зоологiи: при помощи радiографическихъ прiемовъ можно было установить строенiе костей рѣдкихъ животныхъ, у которыхъ именно по причинѣ ихъ рѣдкости не желали счищать мягкiя части съ костей, а также костныя образованiя у тѣхъ мелкихъ животныхъ, которыя были такъ малы, что самое тщательное срѣзанiе мякоти не могло бы намъ дать такого отчетливаго представленiя объ ихъ скелетѣ, какое даетъ намъ рентгеновскiй снимокъ. Нѣкоторыя изъ такихъ животныхъ воспроизведены у насъ на фиг. 2, 3 и 4 нашего приложенiя.

Наконецъ, надо упомянуть еще о только-что возникающемъ примѣненiи рентгеновыхъ лучей въ нѣкоторыхъ отрасляхъ промышленности. При помощи ихъ очень легко находятся раковины въ литьѣ; достаточно для опредѣленiя пузырей внутри отлитаго куска металла разъ взглянуть въ „криптоскопъ“ (см. рисунокъ, стр. 397); такъ называется простой ящикъ съ отверстiемъ для глазъ, въ переднюю часть котораго вдѣланъ флюоресцирующiй экранъ.

При помощи этихъ лучей можно находить незамѣтныя трещины или мѣста

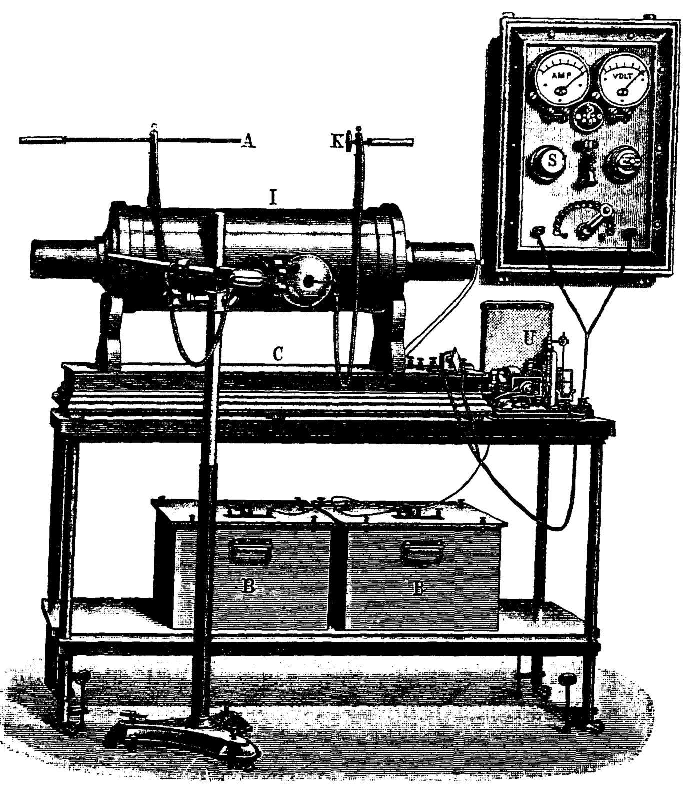


Ртутный прерыватель съ двигателемъ.
См. текстъ, стр. 390

спайки, можно отличать фальшивые алмазы отъ настоящихъ и такъ далѣе. Но свойствами рентгеновыхъ лучей пользуются все-таки сравнительно мало. Такимъ образомъ кругъ примѣненій рентгеновыхъ лучей, повидимому, далеко не такъ широкъ, какъ можно было думать въ моментъ открытія, предоставлявшаго большой просторъ фантазіи.

c) Беккерелевы лучи.

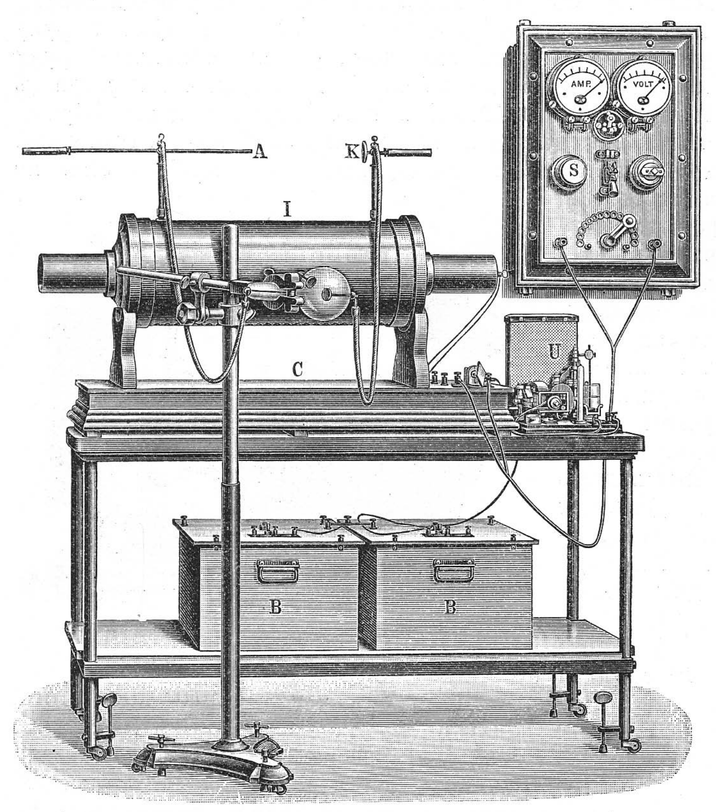
Въ 1897 году, почти два года спустя послѣ открытія рентгеновыхъ лучей, французскій физикъ Анри Беккерель, отецъ и дѣдъ котораго были также выдающимися физиками, (отецъ его былъ первымъ авторитетомъ въ области явленій фосфоресценціи, представляющей для насъ въ настоящую минуту особый интересъ), сообщилъ о новомъ открытіи, которое въ первый моментъ было всюду встрѣчено съ недовѣріемъ. Открытіе это было до того странно, что самъ Беккерель почти въ теченіи года ему не вѣрилъ. Первое относящееся къ нему наблюденіе онъ сдѣлалъ за цѣлый годъ до опубликованія о немъ свѣдѣній; прошелъ годъ, пока онъ отважился открыто съ нимъ выступить: его открытіе, повидимому, шло въ разрѣзъ съ основнымъ закономъ физическихъ явленій, закономъ сохраненія энергіи. Явленіе это было въ глазахъ естествоиспытателей еще загадочнѣе, нежели рентгеновы лучи; тамъ, по крайней мѣрѣ, можно было указать мощную причину ихъ непреодолимой силы — электричество.



Приборъ для рентгенизаціи, возбуждаемый аккумуляторами.
См. текстъ, стр. 390.

Новые лучи исходили изъ самыхъ ничтожныхъ количествъ извѣстнаго вещества, одного изъ соединеній урана, причемъ не требовалось для этого никакого воздѣйствія извнѣ; сколько ни находился этотъ препаратъ подъ наблюденіемъ, нельзя было подмѣтить ни малѣйшаго ослабленія излученія. Само дѣйствіе ихъ, съ одной стороны, походитъ на дѣйствіе рентгеновыхъ лучей, съ другой стороны—на дѣйствія лучей катодныхъ. Если помѣстить такой урановый препаратъ въ свинцовый ящичекъ и положить этотъ ящичекъ на фотографическую пластинку, которая для предохраненія ея отъ дѣйствія свѣта завернута въ черную бумагу, то на пластинкѣ получится изображеніе ящичка, своего рода Рентгеновскій снимокъ, произведенный силой скрытыхъ въ веществѣ неизвѣстныхъ лучей, силой которая не уменьшается.

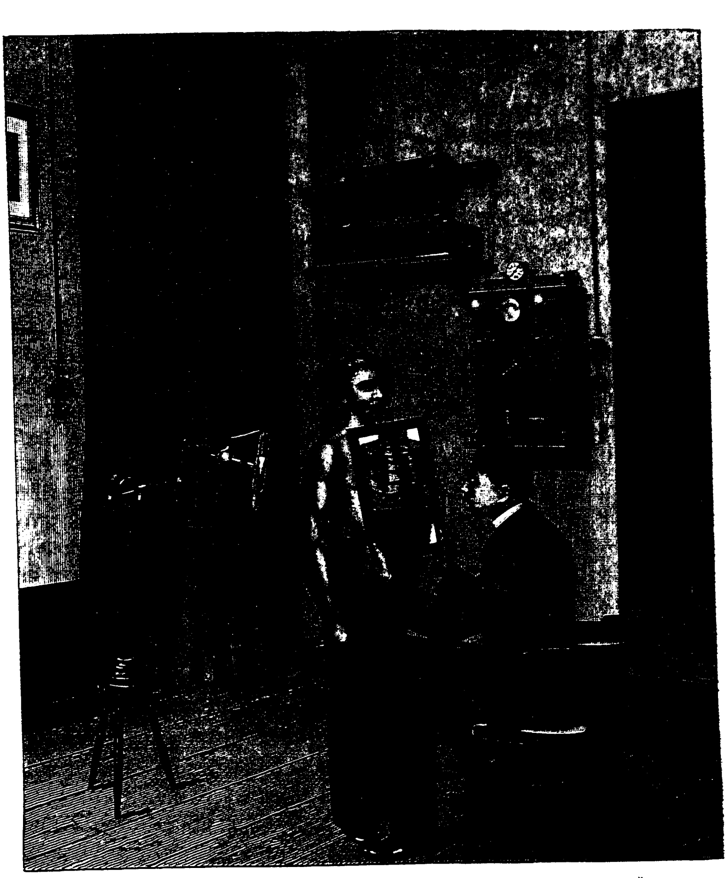
Изображеніе медали, помѣщенное у насъ на стр. 397, является однимъ изъ первыхъ снимковъ, произведенныхъ Беккерелемъ по этому способу, сама медаль, сдѣланная изъ алюминія, была помѣщена между завернутой въ бумагу пластинкой и свин-



Приборъ для рентгенизаціи, возбуждаемый аккумуляторами.
См. текстъ, стр. 390.

цовымъ ящичкомъ. Беккерель помѣстилъ такого рода препараты въ двойномъ свинцовомъ ящикѣ еще въ маѣ 1896 года: съ того времени они не подвергались никакимъ внѣшнимъ воздѣйствіямъ; сохраняя ихъ тамъ, онъ ни разу не открывалъ ихъ, но вещества продолжаютъ, несмотря на двойныя стѣнки, дѣйствовать по прежнему.

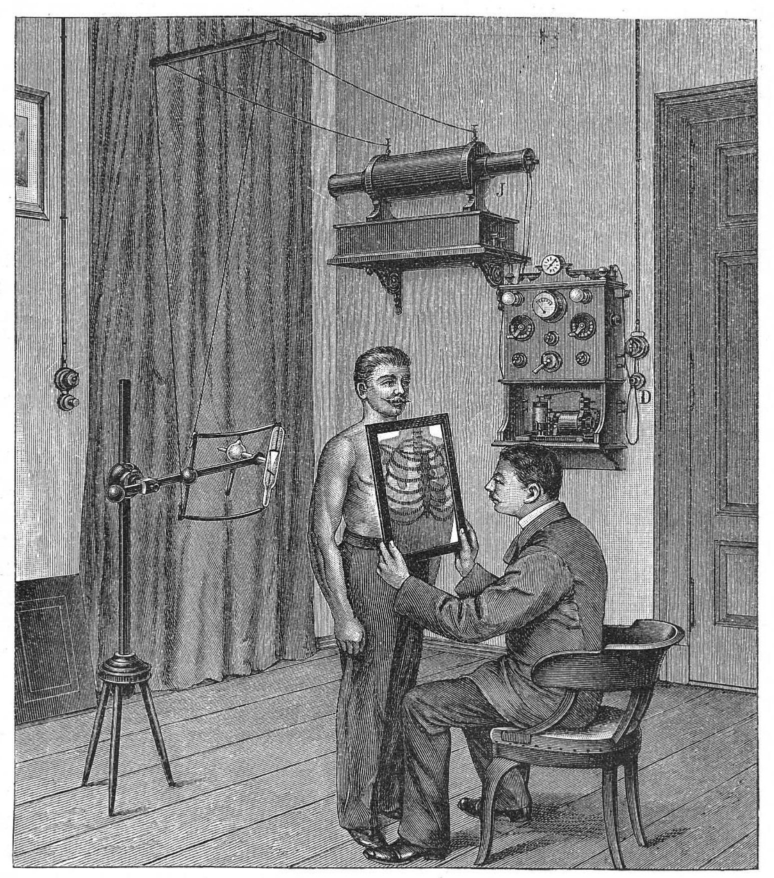
Новые лучи назвали черным ъ свѣтомъ, — названіе справедливое, если принять во вниманіе глубокія противорѣчія, лежащія въ основѣ этихъ явленій. Но съ тѣхъ поръ удалось сдѣлать эти лучи видимыми, даже, такъ сказать, болѣе видимыми, чѣмъ всякій другой свѣтъ. Новѣйшіе препараты когда онѣ заключены въ свинцовый ящичекъ, не только заставляютъ свѣтиться экранъ, чувствительный къ ультрафіолетовымъ лучамъ, они и безъ экрана вызываютъ впечатлѣніе свѣта при закрытыхъ вѣкахъ въ ретинѣ, которая такимъ образомъ сама служитъ свѣтовымъ экраномъ. Эти лучи сначала хотѣли назвать урановыми лучами, но точно такими же свойствами и даже въ большей степени, нежели урановые препараты, обладаетъ, какъ оказалось потомъ, цѣлый рядъ другихъ веществъ. Потомъ, по аналогіи съ рентгеновыми лучами, которые, какъ извѣстно, обыкновенно называютъ X-лучами, думали назвать эти лучи У-лучами. Но мы не станемъ придерживаться этого названія; мы надѣемся, что недалеко то время, когда оба дѣйствія перестанутъ быть невѣдомыми. Придерживаясь прекраснаго обыкновенія воздвигать творцамъ науки памятники въ ея анналахъ самими открытіями этихъ творцовъ, мы будемъ съ этого времени говорить только о лучахъ рентгеновыхъ и беккерелевыхъ.



Прохожденіе рентгеновыхъ лучей сквозь тѣло человѣка.
См. текстъ, стр. 3Ю.

Какъ мы уже сказали, къ открытію Беккереля отнеслись сначала съ недовѣріемъ. Какъ его имя ни пользовалось доброй славой, ученые все-таки склонны были думать, что онъ въ данномъ случаѣ впалъ въ одну изъ тѣхъ ошибокъ, отъ которыхъ не можетъ уберечься ни одинъ, хотя бы и самый осторожный, изслѣдователь. Въ пользу ихъ говорило, казалось, то обстоятельство, что не всѣ урановые препараты оказывались дѣятельными, не всѣ были радіоактивными.

Въ первое время пригодность или непригодность препарата была дѣломъ



Прохожденіе рентгеновыхъ лучей сквозь тѣло человѣка.
См. текстъ, стр. 390.

случая. Поэтому радіоактивный уранъ былъ дорогимъ веществомъ, и другимъ физикамъ было не такъ легко заняться провѣркой его чудесныхъ дѣйствій. Мы видимъ, что ученые посвящаютъ усиленное вниманіе новому явленію лишь въ 1899 году, а годъ спустя предаются изслѣдованію великой загадки уже чуть не съ лихорадочнымъ рвеніемъ; физическіе журналы за 1900 годъ полны работъ по беккерелевымъ лучамъ; работы эти устанавливаютъ все болѣе и болѣе удивительныя свойства этихъ лучей, но всѣ они неизмѣнно заканчиваются горькимъ признаніемъ, что авторъ ихъ ни на шагъ не приблизился къ уразумѣнію тайны.

Дѣйствія, о которыхъ мы будемъ теперь говорить, получались въ урановыхъ препаратахъ въ очень слабомъ видѣ. Но между тѣмъ два физика, супруги Кюри, нашли при помощи нѣкоторыхъ химическихъ процессовъ въ урановой смоляной рудѣ, томъ самомъ минералѣ, изъ котораго до того времени добывался уранъ, два новыхъ вещества, обладавшихъ въ значительно большей степени, чѣмъ до того извѣстные урановые препараты, этимъ загадочнымъ свойствомъ, радіоактивностью. Эта смоляная руда, которая встрѣчается лишь въ немногихъ мѣстахъ и вырабатывается лишь въ Іоахимсталѣ въ Богемскихъ Рудныхъ горахъ, представляетъ собой довольно сложную смѣсь веществъ. Кромѣ урана, въ ней найдены: желѣзо, свинецъ, магній, кальцій, кремній, мышьякъ, висмутъ, селенъ, очень рѣдкій ванадій и т. д. Она обладаетъ черным смолянымъ блескомъ, откуда идетъ и ея названіе; въ томъ видѣ, въ какомъ она встрѣчается въ природѣ, она часто имѣетъ форму почекъ. Уже давно высказывалось предположеніе, что въ этой рудѣ содержатся примѣси, которыхъ только не умѣютъ выдѣлить. Физики Кюри, сдѣлавшіе очень много для выясненія природы беккерелевыхъ лучей, выдѣлили изъ этого рѣдкаго минерала новый химическій элементъ радій, который имѣется тутъ въ соединеніи съ баріемъ; такъ что до сихъ поръ собственно можно говорить только о хлористомъ баріи. Атомный вѣсъ наиболѣе удачнаго изъ полученныхъ до сихъ поръ препаратовъ равенъ 174, атомный же вѣсъ барія 137,5. Во всякомъ случаѣ, атомный вѣсъ новаго элемента больше 174; такимъ образомъ онъ принадлежитъ къ элементамъ тяжелымъ. Демарсэ изслѣдовалъ спектръ этого соединенія и, кромѣ линій барія, нашелъ еще слѣдующія новыя линіи: 482,63; 468,30; 434,06; 381,47; 364,96. Берндтъ нашелъ еще въ ультрафіолетовой части линію 270,86. Кюри думали, что они открыли еще другой элементъ, полоній, но, повидимому, описанныя ими явленія сводятся къ дѣйствіямъ „вторичныхъ лучей“, къ которымъ мы теперь и перейдемъ. 15 линій этого проблематическаго полонія, подобнаго по своимъ химическимъ свойствамъ висмуту (радій приближается въ этомъ отношеніи къ барію), были измѣрены Берндтомъ: онѣ лежатъ между 459,63 и 232,73. Дебьернъ высказалъ предположеніе, что онъ нашелъ даже третій элементъ актиній, но о немъ онъ до сихъ поръ не проронилъ еще ни слова. Наконецъ, Шмидтъ показалъ, что рѣдкій элементъ торій, который употребляется при изготовленіи калильныхъ сѣтокъ, также испускаетъ эти загадочные лучи. Въ концѣ концовъ всѣ согласились на томъ, что уранъ обязанъ своими свойствами ничтожнымъ примѣсямъ именно этихъ только-что открытыхъ веществъ.

Лучшими препаратами такого рода владѣетъ теперь Гизель въ Брауншвейгѣ, котораго надо признать участникомъ въ открытіи радія и ревностнымъ изслѣдователемъ всего этого круга явленій.

Эти новые препараты производятъ дѣйствіе въ нѣсколько разъ болѣе сильное, нежели прежніе урановые препараты. Но зато и стоятъ они дороже; граммъ наиболѣе дѣятельнаго препарата радія стоитъ не меньше нѣсколькихъ тысячъ марокъ.

Переходя теперь къ свойствамъ этихъ интересныхъ веществъ въ частности, мы должны съ самаго же начала указать, что они испускаютъ лучи самаго разнообразнаго характера, по свойствамъ своимъ соотвѣтствующимъ, какъ катоднымъ такъ и рентгеновымъ лучамъ. Въ зависимости отъ этого они обладаютъ далеко не одинаковой способностью проходить сквозь тѣла. Одну часть лучей радія очень быстро поглощаютъ промежуточныя среды, такъ что дѣйствіе ихъ

на фотографическую пластинку, по мѣрѣ возрастанія толщины промежуточныхъ металлическихъ пластинокъ или другихъ веществъ, замѣтно ослабѣваетъ. Но начиная съ извѣстной толщины, это дѣйствіе лучей, какъ показываютъ слѣдующія полученныя Стрэттомъ (Strutt) числа, будетъ почти пропорціонально плотности вещества.

	Поглощеніе (A)	Плотность (d)	A d
Платина	157,6	21,5	7,3
Свинецъ	62,5	11,4	5,5
Серебро	65,7	10,6	6,2
Желѣзо	52,2	7,8	6,7
Стекло	12,5	2,7	4,6
Алюминій	11,6	2,7	4,3
Карточный картонъ . . .	3,8	1	3,8
Двуокись сѣры	0,041	0,0076	5,4

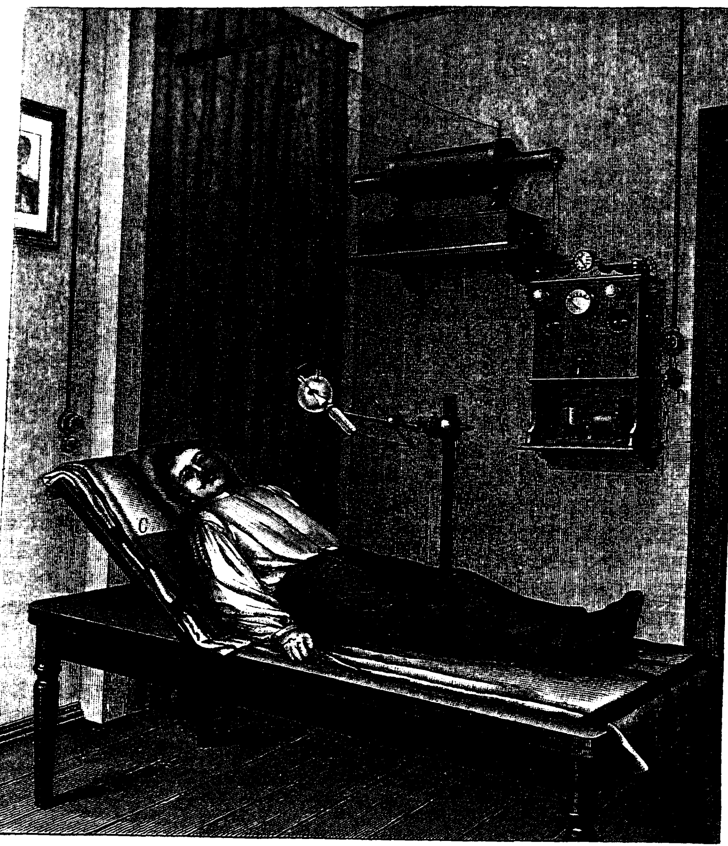
Изъ этой таблицы мы видимъ, что поглощательная способность веществъ, обладающихъ самыми неодинаковыми плотностями, но содержащихъ въ одномъ и томъ же объемѣ одинаковое число частичекъ, почти не измѣняется; другими словами, способность этого рода лучей проходить сквозь разныя вещества опредѣляется только числомъ встрѣчающихся по пути этихъ лучей частичекъ; она не зависитъ отъ особенностей ихъ строенія, обстоятельства, играющаго большую роль по отношенію къ поглощенію свѣта. Стекло по отношенію къ этимъ лучамъ столь же прозрачно, какъ алюминій; оно немного менѣе прозрачно, чѣмъ карточный картонъ. Эти числовыя данныя заставляютъ насъ причислить беккерелевы лучи скорѣе къ категоріи лучей катодныхъ, нежели рентгеновыхъ поскольку рѣчь идетъ, конечно, о прохожденіи, ихъ черезъ то или другое тѣло. Напротивъ того, способность проходить сквозь разныя вещества у катодныхъ лучей, которыхъ стекло даже вовсе не пропускаетъ, значительно меньше. Такъ что въ этомъ отношеніи беккерелевы лучи ближе къ лучамъ рентгеновымъ. Такимъ образомъ, частички, которыя постоянно, повидимому, безъ какихъ бы то ни было вліяній извнѣ испускаются радіоактивными веществами, гораздо меньше частичекъ, образующихъ настоящіе катодные лучи, то есть тѣ лучи, которые еще не выходятъ изъ трубки въ видѣ рентгеновыхъ лучей.

То же самое соотношеніе между способностью къ прохожденію сквозь тѣла и другими оптическими свойствами, какое, какъ мы показали, существуетъ для лучей рентгеновыхъ, должно существовать и для лучей Беккереля. Они не преломляются, они не отражаются; они не поляризуются, они не склонны, какъ мы имѣемъ основаніе думать, и къ диффракціи. Быть можетъ, они и представляютъ собой какое-либо волнообразное движеніе, но въ виду всего сказаннаго, движеніе это никакъ не можетъ быть обнаружено. Такимъ образомъ, по всѣмъ этимъ отрицательнымъ свойствамъ, они сходны съ рентгеновыми лучами, и въ первое время думали, что отличаются эти два рода лучей другъ отъ друга только своимъ происхожденіемъ.

Разъ все это такъ, особый интересъ должно пріобрѣсти отношеніе этихъ родовъ лучей къ электричеству и магнетизму; при этомъ изслѣдованіи мы убѣждаемся самымъ несомнѣннымъ образомъ, что мы имѣемъ тутъ дѣло съ цѣлой группой самыхъ разнородныхъ лучей; легко поглощающіеся лучи полонія, напримѣръ, не отклоняются магнитомъ и въ этомъ отношеніи, стало быть, походятъ на рентгеновы лучи. Частички, испускаемыя радіемъ, отчасти отклоняются, отчасти нѣтъ. Послѣдняя группа частичекъ, подобно лучамъ полонія, легко поглощается, и потому ее можно легко отдѣлить отъ частичекъ второго рода. Если лучи этого рода ввести въ магнитное поле, то до того разсѣянный свѣтъ теперь превращается въ вытянутое по направленію магнитныхъ силовыхъ линій и гораздо ярче свѣтящееся чѣмъ раньше пятно; такъ что въ данномъ случаѣ они походятъ на катодные лучи (Беккерель). Далѣе Беккерель замѣтилъ, что въ однородномъ магнитномъ полѣ частички совершаютъ круговыя движенія, перпендикулярныя къ силовымъ линіямъ этого поля; такимъ образомъ здѣсь снова получаются тѣ вихри, о которыхъ намъ уже не разъ приходилось говорить. Если употребляемый при

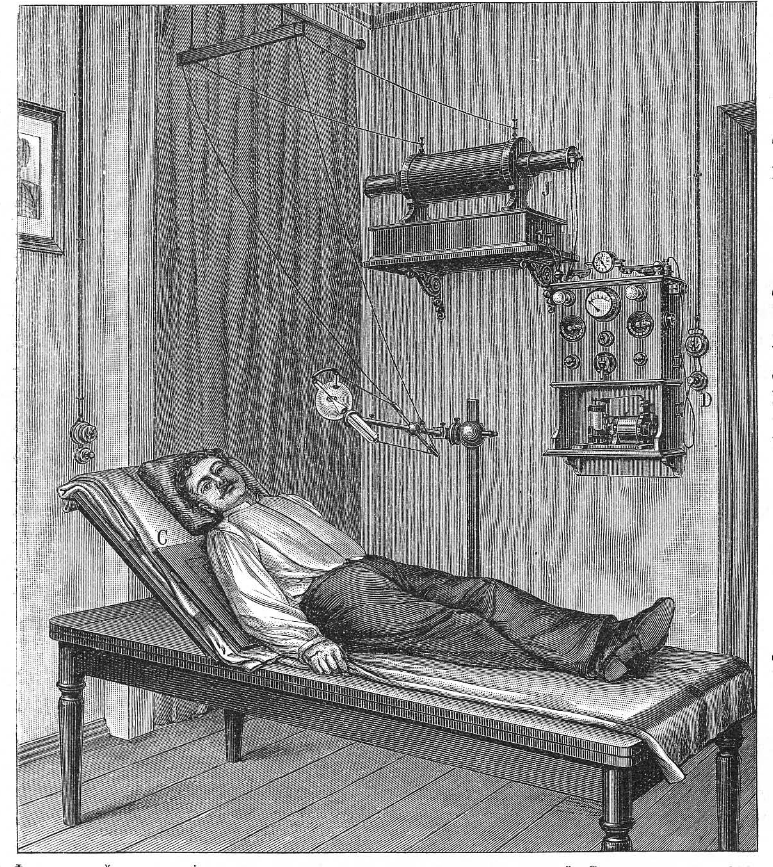
этихъ опытахъ магнитъ обладаетъ мощностью въ 4000 единицъ, то діаметръ орбитъ этихъ частицъ равняется 3,7 мм. Точно такое же вліяніе оказываетъ на эти лучи и поле электрическое. Кюри, а также и самъ Беккерель, показали, что частички, образующія эти лучи, подобно матеріи лучей катодныхъ, наэлектризовываются отрицательно.

Въ связи съ этимъ отрицательнымъ зарядомъ новыхъ лучей стоитъ наиболѣе удивительное изъ свойствъ этихъ лучей, ихъ необыкновенно сильное дѣйствіе на электрическій разрядъ, совершающійся по близости отъ ихъ источника.



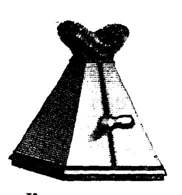
Фотографированіе съ помощью рентгеновыхъ лучей. См. текстъ, стр. 390.

Мы говорили о такомъ свойствѣ новыхъ лучей по поводу ультрафіолетоваго свѣта, который дѣлаетъ воздухъ проводящимъ, благодаря чему электричество можетъ теперь уходить съ проводниковъ, вполнѣ изолированныхъ въ другихъ отношеніяхъ. Этимъ же обстоятельствомъ объясняется и описанное уже нами (стр. 387) сильное вліяніе лучей на искровой промежутокъ: дѣйствіе радіоактивныхъ веществъ въ этомъ направленіи прямо поразительно. Если въ большую аудиторію, въ которой дѣйствуетъ въ извѣстный моментъ электростатическая машина, дающая сильныя искры, внести совершенно незамѣтное по вѣсу количество радія лучшаго сорта, заключеннаго наглухо въ свинцовой коробочкѣ, то дѣйствіе машины тотчасъ же прекратится; изъ нея нельзя будетъ извлечь ни одной искры до тѣхъ поръ пока мы не уберемъ отсюда радія. При видѣ этого невольно навертывается мысль о чемъ-то сверхъестественномъ. Но для того чтобы довершить описаніе этого чуда, предположимъ, что коробочка съ радіемъ спрятана въ карманѣ одного изъ присутствующихъ. Чтобы найти ее надо потушить въ залѣ огонь и закрыть глаза. По свѣтовому впечатлѣнію, получаемому закрытымъ глазомъ, на близкомъ разстояніи мы можемъ указать, несмотря на стѣнки коробочки, несмотря на платье и закрывающія нашъ глазъ вѣки, гдѣ находится источникъ такого дѣйствія. Дѣйствіе это показываетъ намъ, что если бы загадочное вещество, съ которымъ въ сущности мы до сихъ поръ далеко не вполнѣ знакомы, было распространено на землѣ въ той мѣрѣ, какъ золото, мы не знали бы бурь: электричество разсѣевалось бы постоянно и совершенно незамѣтно. Если бы у человѣка имѣлись въ распоряженіи произвольныя количества этого вещества, то онъ могъ бы силой своего разума разъ навсегда уничтожить одно изъ наиболѣе могучихъ



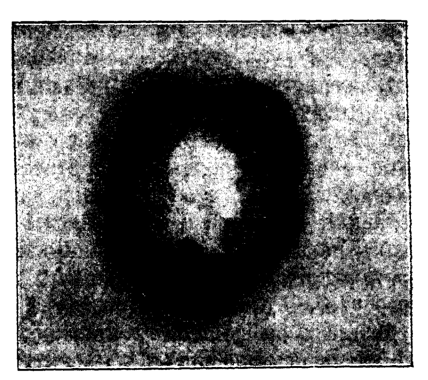
Фотографированіе съ помощью рентгеновыхъ лучей. См. текстъ, стр. 390.

проявленій природы на нашей землѣ, что безъ сомнѣнія повлекло бы за собой совершенно непредвидимыя послѣдствія для всего земного обихода. Быть можетъ, наступитъ время, когда мы скажемъ, что для насъ было счастьемъ, что мы не раскрыли великой тайны этихъ веществъ раньше. Въ послѣднее время (1901) дознано, что эти вещества могутъ производить значительныя дальнодѣйствія, такъ что становится возможнымъ телеграфированіе безъ проволокъ по новому способу, при помощи этихъ лучей. Но какъ бы то ни было, внесеніемъ этихъ поглощающихъ веществъ въ помѣщеніе, гдѣ происходитъ разрядъ, можно по желанію прекращать въ искровомъ промежуткѣ дѣйствіе непрерывно питаемой цѣпи, и затѣмъ вновь возобновлять разрядъ; такимъ образомъ мы можемъ подавать сигналы. Нѣтъ сомнѣнія, что впослѣдствіи будутъ придуманы болѣе тонкіе приборы для измѣренія измѣняющейся проводимости воздуха, чѣмъ тѣ, которыми мы располагаемъ теперь.



Криптоскопъ. См. текстъ. стр 391.

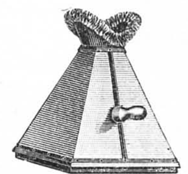
Отъ этихъ таинственныхъ веществъ непрестанно отдѣляется потокъ тѣлецъ; тѣльца эти вылетаютъ изъ нихъ, какъ изъ катода, который находится подъ вліяніемъ сильнаго электрическаго тока. Но мы понимаемъ происхожденіе града мельчайшихъ частицъ, исходящихъ изъ катода. Не такъ понятенъ процессъ, совершающійся въ радіоактивныхъ веществахъ: они теряютъ энергію, но энергія эта, повидимому, ничѣмъ не пополняется, а излученіе тѣмъ не менѣе ничуть не ослабѣваетъ. Дѣйствіе на нихъ какого-либо источника электричества позволяетъ намъ, какъ въ случаѣ катодныхъ лучей, сдѣлать заключеніе о скорости ихъ и вывести отношеніе заряда такихъ частицъ къ ихъ массѣ. Беккерель нашелъ, что онѣ движутся въ два или три раза медленнѣе свѣта и опредѣлилъ величину ихъ, точно такимъ же путемъ, какимъ опредѣлялъ величину матеріальныхъ частицъ, образующихъ катодные лучи. Далѣе затѣмъ можно показать, что массы, утрачиваемыя веществами при этомъ излученіи, чрезвычайно ничтожны. Радіоактивное вещество можетъ потерять миллиграммъ не раньше чѣмъ черезъ милліардъ лѣтъ. Такъ говоритъ на основаніи своихъ разсчетовъ Беккерель; по мнѣнію супруговъ Кюри, излученіе идетъ быстрѣе, а именно въ милліонъ лѣтъ такого рода препаратъ долженъ потерять до 3 миллиграммовъ.



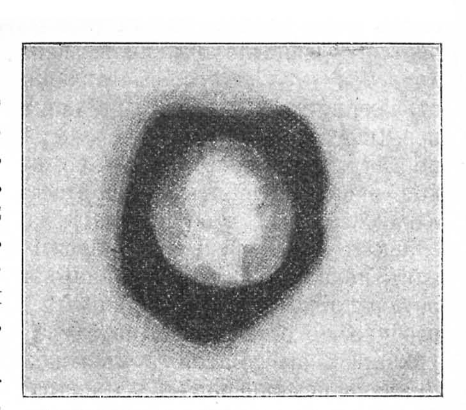
Радіографическій снимокъ медали. См. текстъ, стр. 392.

Недавно Кауфманъ (Гёттингенъ) еще болѣе подробно и точно изслѣдовалъ вопросъ объ энергіи и скорости этихъ лучей; докладъ о своихъ работахъ онъ прочелъ на съѣздѣ естествоиспытателей въ Карлсбадѣ осенью 1902 года. Онъ пропускалъ черезъ діафрагму лучъ радія, принималъ его на фотографическую пластинку и затѣмъ отклонялъ его при помощи магнита, такъ что получающаяся при этомъ на пластинкѣ точка должна была перемѣщаться. Мы говорили уже раньше, что разные лучи отклоняются разно; такъ было и теперь; меньше всего отклонились тѣ лучи, которые не чувствительны къ дѣйствію магнита. Максимальное отклоненіе можно было измѣрять по величинѣ линій, получавшихся теперь вмѣсто точекъ. Отклоненіе это зависитъ, очевидно, отъ слѣдующихъ трехъ условій: во-первыхъ, отъ массы перемѣщающихся частичекъ, во-вторыхъ, отъ ихъ электрическаго заряда, задерживаемаго магнитомъ, и, наконецъ, отъ скорости, съ какой онѣ перемѣщаются. Былъ произведенъ цѣлый рядъ измѣреній при самыхъ разнообразныхъ внѣшнихъ условіяхъ; измѣренія эти приводятъ насъ къ удивительному результату: строго провѣренные результаты этихъ изслѣдованій только тогда не будутъ противорѣчить теоріи, когда мы примемъ массы вылетающихъ изъ вещества частицъ равными нулю; скорость ихъ

значительный даль



Криптоскопъ.
См. текстъ,
стр 391.



Радiографическiй снимокъ медали.
См. текстъ, стр. 392.

отличается отъ скорости свѣта всего на четыре процента, стало быть, почти равна ей. Измѣренія были произведены такъ точно, что рѣчь могла идти объ ошибкѣ всего лишь въ 1.4 процента величины полученныхъ числовыхъ результатовъ. Такимъ образомъ въ этихъ новѣйшихъ изслѣдованіяхъ мы имѣемъ дѣло съ дѣйствіемъ самихъ атомовъ эфира, которые мы должны считать еще меньшими, нежели атомы химиковъ. Слѣдовательно, для сообщенія имъ огромной скорости нужна лишь самая незначительная сила.

Но тѣмъ не менѣе для насъ непонятно, какъ можетъ даже самая незначительная сила работать безъ всякаго пополненія того, что уже израсходовано. Мы можемъ придерживаться въ этомъ отношеніи такого представленія. Частички, отдѣляющіяся отъ радіоактивнаго вещества и вылетающія изъ него, будучи заряжены отрицательно, вызываютъ въ проводникѣ, какъ показали Кюри, при ударѣ о него электрическій токъ, являющійся результатомъ отдачи проводнику ихъ заряда. Токъ этотъ чрезвычайно малъ, но все же вполнѣ измѣримъ. Если-бъ мы имѣли въ своемъ распоряженіи большія количества радіоактивныхъ веществъ, мы могли бы привести въ непрерывное движеніе динамо-машину; для этого надо было бы только размѣстить эти вещества соотвѣтственнымъ образомъ около машины. При этомъ ни измѣненій вещества, ни потери ихъ не наблюдалось бы. Но если-бъ это происходило на самомъ дѣлѣ такъ, то это произвело бы полный переворотъ въ нашихъ взглядахъ, въ нашихъ понятіяхъ о законахъ дѣйствія силъ природы, намъ пришлось бы выработать новый взглядъ на взаимоотношенія матеріи и силы. Но теперь надо приложить всѣ старанія къ тому, чтобы отыскать объясненіе этихъ явленій исключительно на основаніи извѣстныхъ намъ законовъ.

Для сравненія съ извѣстными намъ уже явленіями особенно удобны явленія **фосфоресценціи** въ радіоактивныхъ веществахъ. Мы уже разсматривали (стр. 271) явленія фосфоресценціи, люминисценціи и т. п. процессовъ, совершающихся въ цѣломъ рядѣ веществъ, но тамъ рѣчь шла лишь о временныхъ дѣйствіяхъ. Нѣкоторыя вещества какъ бы всасывали въ себя, въ свои невидимыя поры, падавшій на нихъ свѣтъ, и потомъ часть его мало по малу отдавали назадъ. Мы назвали этотъ процессъ отзвукомъ (Nachtönen) свѣтовыхъ волнъ въ этихъ веществахъ. Но въ радіоактивныхъ веществахъ ничего подобнаго не наблюдается. Дѣйствіе ихъ не вызвано предварительнымъ освѣщеніемъ, и даже не усиливается отъ такого выставленія на свѣтъ, а потому мы не наблюдаемъ тутъ и отраженнаго дѣйствія. При повышеніи температуры фосфоресценція у обыкновенныхъ тѣлъ возрастаетъ, въ радіоактивномъ же веществѣ такое повышеніе температуры вызоветъ временное *ослабленіе* дѣйствій; спустя нѣсколько дней такое вещество опять пріобрѣтаетъ свои прежнія свойства. Эльстеръ и Гейтель однако нашли, что при нагрѣваніи радіоактивное вещество начинаетъ гораздо сильнѣе, чѣмъ прежде, разсѣевать электричество при посредствѣ воздуха. Холодъ, какъ показали Стефанъ Мейеръ и ф. Швейдлеръ, не имѣетъ никакого вліянія на радіоактивность: это видно изъ опытовъ, произведенныхъ при помощи жидкаго воздуха, то есть при температурѣ около -200^0. Беккерель нашелъ, что кристаллъ ураннита, выброшенный въ жидкій воздухъ начинаетъ свѣтиться, но стоитъ ему принять обыкновенную температуру, и онъ лучеиспускать перестаетъ. Вещества, фосфоресцирующія при обыкновенномъ свѣтѣ, въ большинствѣ случаевъ подъ вліяніемъ новыхъ лучей не фосфоресцируютъ. Чтобы понять это, мы должны предположить, что невидимые лучи радія, заставляютъ свѣтиться обыкновеннымъ фосфорическимъ свѣтомъ соли барія, къ которымъ онъ примѣшанъ, а потому начинаетъ сразу свѣтиться и весь препаратъ. Но измѣненія температуры дѣйствуютъ на характеръ обыкновенной фосфоресценціи. Поэтому препаратъ при достаточномъ повышеніи температуры вовсе не свѣтится, причемъ это обстоятельство ничуть не вліяетъ на энергію самихъ лучей радія, которые по охлажденіи снова начинаютъ оказывать на глазъ свѣтовыя впечатлѣнія. Лучи радія сообщаютъ свою способность другимъ веществамъ, подобно лучамъ рентгеновымъ. Радіоактивныя вещества въ свою очередь возбуждаютъ *вторичные лучи*; въ этомъ явленіи мы опять можемъ усмотрѣть извѣстныя аналогіи и отличія по срав-

ненію съ другими новыми сортами лучей. Беккерель говоритъ, что алмазъ, который въ рентгеновыхъ лучахъ не свѣтится, начинаетъ свѣтиться въ лучахъ радія: въ рентгеновыхъ лучахъ сѣрнистый кальцій свѣтится слабо, въ лучахъ радія — сильно; другія вещества — наоборотъ. Дневной свѣтъ дѣйствуетъ на плавиковый шпатъ очень слабо, свѣтъ дуговой лампы сильнѣе, сильнѣе же всего беккерелевы лучи: послѣ прекращенія ихъ дѣйствія онъ продолжаетъ свѣтиться въ продолженіи 24 часовъ. Плавиковый шпатъ имѣетъ характерное свойство фосфоресцировать; если его нагрѣть, свойство это исчезаетъ разъ навсегда; но его все-таки можно заставить фосфоресцировать; для этого надо, чтобы по близости проскакивала электрическая искра или чтобы на него падали беккерелевы лучи. Кюри говорятъ, что если положить на какую-нибудь металлическую пластинку (цинковую, алюминіевую, латунную, свинцовую, платиновую, висмутовую, никкелевую) или просто на бумагу коробочку съ герметически закрытымъ въ ней препаратомъ радія, который по сравненію съ обыкновенными урановыми препаратами, обладаетъ силой въ 50,000 разъ большей, то такая пластинка получаетъ свойства радія, эти вещества начинаютъ дѣйствовать въ 10—17 разъ сильнѣе урана, и дѣйствіе это начинаетъ ослабѣвать лишь спустя нѣсколько дней. Дебіернъ показалъ, что передача радіоактивности происходитъ еще лучше при тѣсномъ соприкосновеніи веществъ, имѣющемъ мѣсто при химическихъ процессахъ. Онъ растворилъ хлористый барій въ соли „актинія“ и осадилъ сѣрнокислый барій. Операцію эту онъ повторялъ много разъ и, наконецъ, получилъ такую баріеву соль, въ которой не было уже ни радія, ни актинія и которая тѣмъ не менѣе проявляла вторичное радіоактивное дѣйствіе почти въ тысячу разъ большее, нежели дѣйствіе урана. Дѣйствіе это уменьшилось на треть лишь спустя три недѣли.

Всѣ эти факты показываютъ, что мы имѣемъ здѣсь дѣло не съ обычной фосфоресценціей, физическія причины которой извѣстны. Тяготѣніе, теплота, свѣтъ и электричество — не источники этихъ лучей; они во всякомъ случаѣ не оказываютъ на эти лучи или на одну часть этихъ лучей сколько-нибудь замѣтнаго дѣйствія; другую же часть этихъ лучей отклоняютъ отъ ихъ пути разнаго рода дѣйствія электричества. Мы видимъ, что эти лучи обладаютъ свойствами тепловыми, свѣтовыми и электрическими, но это не свѣтъ, не теплота и не электричество. Въ то же время нельзя показать, что они представляютъ собой неизвѣстное намъ движеніе матеріи или эѳира. Больше всего похожа могущая быть здѣсь форма движенія на удары прямолинейно движущихся атомовъ эѳира, которыми мы думаемъ объяснить дѣйствіе тяготѣнія; особаго вниманія заслуживаетъ въ этомъ отношеніи то обстоятельство, что способность ихъ проходить сквозь тѣла зависитъ только отъ плотности тѣлъ, а это — свойство силы тяжести. Но тѣ явленія, которыя мы видимъ, носятъ совсѣмъ иной характеръ. Быть можетъ, мы имѣемъ тутъ дѣло съ совершенно новымъ родомъ явленій въ матеріи, съ какой-нибудь новой силой, которая по отношенію къ дѣйствіямъ, до сихъ поръ извѣстнымъ намъ, занимаетъ то же положеніе, что магнетизмъ въ моментъ его открытія по отношенію къ извѣстнымъ тогда въ древности законамъ физики; или, быть можетъ, причиной радіоактивности является особенная чрезвычайно медленная реакція того рода, о которомъ мы будемъ говорить при разсмотрѣніи свойствъ фосфора.

Итакъ, химическія воздѣйствія производятъ на эти удивительныя вещества вліяніе ничуть не больше, чѣмъ воздѣйствія физическія. За то сами эти вещества производятъ химическія дѣйствія, наряду съ физическими. О фотохимическихъ дѣйствіяхъ мы говорили еще въ самомъ началѣ. У нихъ есть еще одно свойство, приближающее ихъ къ ультрафіолетовымъ и рентгеновымъ лучамъ: они озонируютъ воздухъ, то есть производятъ то видоизмѣненіе кислорода въ воздухѣ, которое получается при пропусканіи искръ и въ особенности при грозахъ. Мы снова узнаемъ, что почти невидимые беккерелевы лучи мощно проникаютъ въ самую глубь молекулярной ткани матеріи. Нелишнимъ будетъ упомянуть, что радіоактивныя вещества измѣняютъ стекло. Госпожа Кюри видѣла, что часть стеклянной колбы, къ которой прикасался такой препаратъ, приняла сначала фіолетовый, а

потомъ, спустя приблизительно десять дней, совершенно черный оттѣнокъ. Явленія, наблюдаемыя при изученіи радіоактивныхъ веществъ, такого рода, что ихъ нельзя объяснить и извѣстными намъ химическими дѣйствіями. Тѣ изслѣдователи, которые, какъ самъ Беккерель, глубже другихъ проникли въ эту таинственную область, представляютъ себѣ этотъ процессъ приблизительно слѣдующимъ образомъ: изъ радіоактивныхъ веществъ выдѣляется вещество, обладающее необыкновенно малой плотностью, нѣчто въ родѣ эѳирнаго летучаго газа; этотъ газъ снова собирается въ молекулярныхъ порахъ другихъ веществъ и отсюда производитъ свое дѣйствіе. Такъ, напримѣръ, это нѣчто осѣдаетъ на стѣнкахъ стеклянной колбы и дѣлаетъ ее радіоактивной; но стоитъ обмыть колбу водой, и дѣйствіе это исчезнетъ. Гейтель сообщилъ на съѣздѣ естествоиспытателей въ Гамбургѣ о необыкновенно интересномъ опытѣ. Если протянуть въ воздухѣ длинную проволоку, сдѣланную изъ какого угодно металла, и соединить ее только съ отрицательнымъ полюсомъ источника электричества, то спустя нѣсколько времени проволока эта дѣлается радіоактивной, и свойство это передается всѣмъ тѣмъ веществамъ, которыя съ нимъ соприкасаются. Явленіе это Гейтель объясняетъ тѣмъ, что радій представляетъ изъ себя неизвѣстный газъ нашей атмосферы, и что отрицательное электричество притягиваетъ его къ проволокѣ. Но вещество это врядъ ли можетъ быть газомъ въ обыкновенномъ смыслѣ этого слова. Трубочка, въ которой сохранялось радіоактивное вещество и которая на своихъ стѣнкахъ также обнаруживала вторичное радіоактивное дѣйствіе, при изслѣдованіи въ спектроскопъ дала спектръ только того вещества, которое было внутри ея. Въ мельчайшей пыли также нельзя искать объясненія этой „эманаціи". По крайней мѣрѣ, Э. Рэтзерфордъ (Rutherford) утверждаетъ, что въ присутствіи этихъ веществъ туманное образованіе въ трубкѣ не увеличивается. Извѣстно, что присутствіе мельчайшихъ пылинокъ въ воздухѣ, насыщенномъ влагой, вызываетъ туманъ, и потому для обнаруженія въ воздухѣ этихъ, вообще говоря, совершенно неуловимыхъ по своей малости частичекъ прибѣгаютъ къ соотвѣтственнымъ пріемамъ; но въ разсматриваемомъ случаѣ результатъ получился отрицательный. Предполагаемое летучее вещество, быть можетъ, еще болѣе разрѣжено, чѣмъ тѣ удивительно разрѣженные газы, которые все-таки допускаютъ возможность примѣненія къ нимъ спектроскопическаго и другихъ пріемовъ изслѣдованія, или, можетъ быть, отдѣляющіяся отъ радіоактивныхъ веществъ мельчайшія частицы—уже иного порядка, чѣмъ тѣ молекулы и атомы, которые вызываютъ извѣстныя намъ физическія и химическія явленія. Но если это такъ, то мы проникаемъ вглубь матеріи еще нѣсколькими ступенями ниже, мы доходимъ до тѣхъ единицъ вещества, которыя стоятъ уже внѣ вліянія тяготѣнія; быть можетъ, это были бы тѣ самые первичные или эѳирные атомы, которые безпрепятственно проносятся въ промежуткахъ между атомами.

Потоками эфирныхъ атомовъ обусловлены, какъ мы себѣ представляемъ, явленія тяготѣнія, а также лучистой теплоты и свѣта, причемъ въ послѣднемъ случаѣ мы имѣемъ дѣло, какъ мы думаемъ, съ своего рода противодѣйствіемъ „молекулярныхъ планетныхъ системъ": отразившись отъ этихъ молекулъ, атомы эѳира начинаютъ описывать свои винтообразныя орбиты. Можетъ случиться, что обладая ни съ чѣмъ несравнимой способностью проникать сквозь тѣла, что показываетъ тяготѣніе, эѳирные атомы обладаютъ въ то же время тѣми свойствами, которыя характерны для новыхъ родовъ лучей. Эти лучи состоятъ, какъ мы видѣли, изъ цѣлаго ряда смѣси различныхъ лучей. Вмѣстѣ съ свѣтовыми колебаніями, которыя имѣются какъ въ рентгеновыхъ, такъ и въ беккерелевыхъ лучахъ, въ нихъ имѣются и лучи, по всей вѣроятности, не обладающіе особымъ волнообразнымъ движеніемъ, лучи безъ волнъ, на которые мы въ правѣ смотрѣть, какъ на настоящіе „лучи тяготѣнія", которые дѣйствуютъ сильнѣе другихъ лучей потому, что они быстрѣе ихъ. Этой особенной скоростью они обязаны электрическимъ воздѣйствіямъ, которыя проявляются тутъ въ томъ, что эѳиръ отчасти вовлекается въ эти волнообразныя электрическія движенія. Дальнодѣйствіе радіоактивныхъ веществъ, а именно способность ихъ разсѣевать воздушное электри-

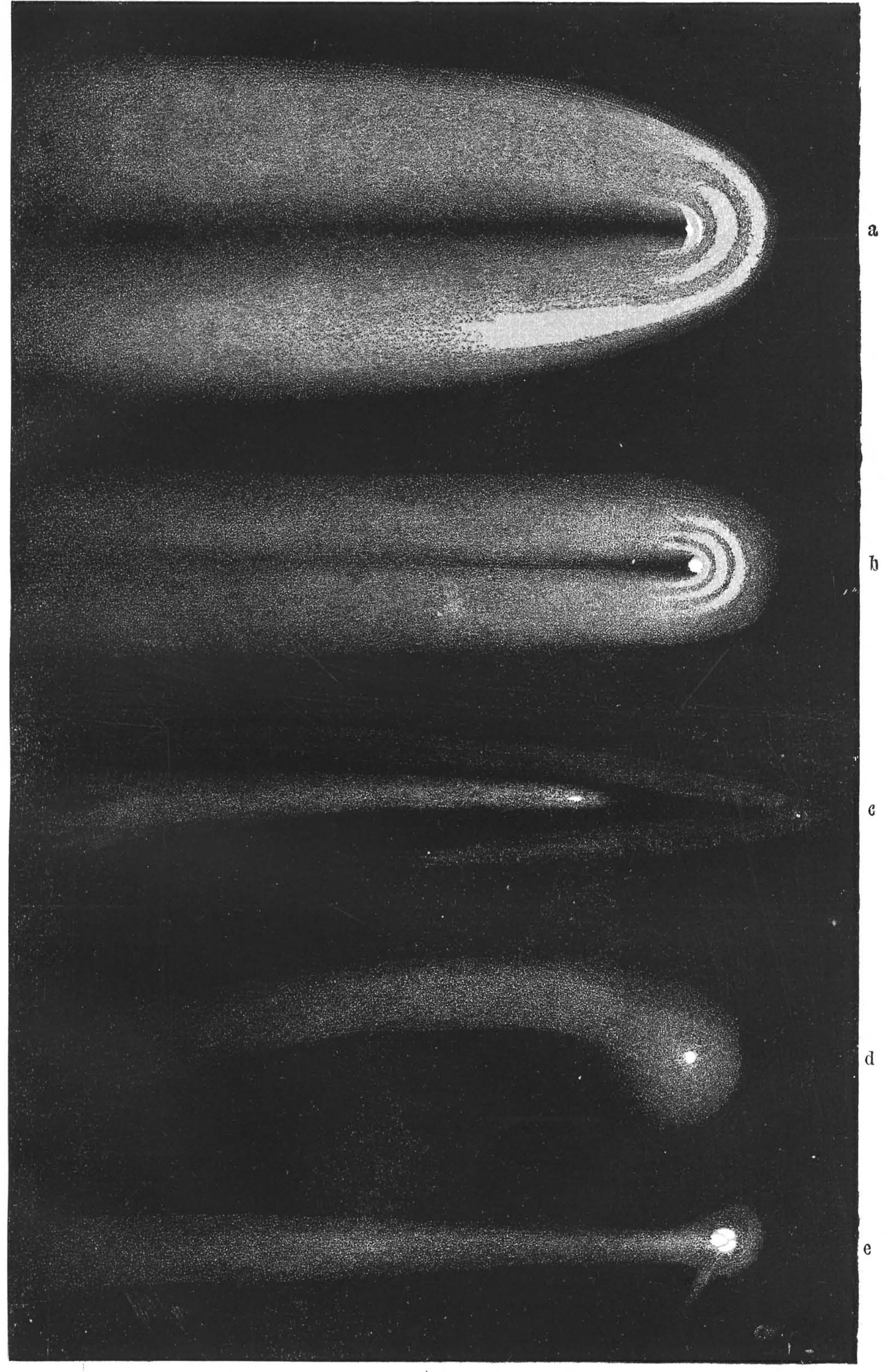
чество, намъ не покажется столь удивительнымъ какъ раньше, если мы предположимъ, что эти новые лучи возникаютъ слѣдующимъ образомъ: радіоактивность вещества обусловливается не градомъ частицъ, истекающихъ изнутри его, и получающихъ, стало быть, тамъ свою энергію, а потоками эѳирныхъ атомовъ, проносящихся сквозь вещество, движеніе которыхъ претерпѣваетъ въ силу особеннаго молекулярнаго строенія радіоактивныхъ веществъ разныя измѣненія. На преобразованіе этихъ движеній, разумѣется, тратится энергія, но не въ такомъ, а въ значительно меньшемъ количествѣ, чѣмъ при предполагаемой прямой „эманаціи“. Энергію эту можно было бы получить за счетъ тѣхъ внутреннихъ молекулярныхъ движеній, то есть той внутренней теплоты, которую тотчасъ бы пополнили новые падающіе на вещество атомы. Это предположеніе приводитъ насъ къ противорѣчію съ однимъ изъ положеній механической теоріи тепла, согласно которому внѣшняя работа можетъ быть произведена только при существованіи извѣстной разницы температуръ (стр. 150). Но Максвеллъ и Гельмгольцъ показали, что мыслимы и исключенія изъ этого правила. Мы говоримъ о тѣхъ важныхъ соображеніяхъ, касающихся „энтропіи“ (стр. 187) тѣлъ, къ которымъ мы возвращаемся въ концѣ этого сочиненія. Теплота служитъ намъ тѣмъ матеріаломъ, на которомъ мы можемъ испытать достоинство этой гипотезы. Надо рѣшить при помощи самыхъ чувствительныхъ болометровъ, не притекаютъ ли постоянно извнѣ къ радіоактивнымъ веществамъ очень незначительныя количества тепла. Если-бъ оказалось, что такой притокъ тепла дѣйствительно совершается, мы имѣли бы свѣтъ, который вмѣсто тепла давалъ бы охлажденіе. Въ концѣ концовъ, мы не особенно были бы удивлены, если бы ко всѣмъ страннымъ особенностямъ новыхъ лучей прибавилась бы еще эта. Но въ то же время вполнѣ возможно отдѣленіе отъ радіоактивныхъ веществъ мельчайшихъ частичекъ этихъ веществъ, подобно тому, какъ это происходитъ при электрическихъ разрядахъ; эти то частицы и будутъ производить передачу радіоактивности смежнымъ предметамъ (вторичные лучи). Рэтзерфордъ и Макъ-Элонгъ пробовали опредѣлить количество энергіи, отдѣляемой беккерелевыми лучами; они нашли, что граммъ радія (препарата лучшаго сорта) выдѣляетъ не меньше 3000 калорій въ годъ.

Мы видѣли, что беккерелевы лучи отчасти совершенно похожи на рентгеновы лучи, отчасти на лучи катодные; разница только въ томъ, что беккерелевы лучи возникаютъ не подъ вліяніемъ электричества. Отсюда слѣдуетъ, что катодные и рентгеновы лучи являются побочными явленіями электрическаго разряда, что они не представляютъ собой особой основной, существенной группы явленій, и что они, собственно говоря, даже не проявленія электричества. Въ началѣ 1901 года Гольдштейнъ пришелъ къ выводу, что ультрафіолетовый свѣтъ соединяетъ въ себѣ свойства лучей катодныхъ, рентгеновыхъ и беккерелевыхъ и что онъ получается при возбужденіи колебаній эфира очень малаго періода. Во всякомъ случаѣ мы имѣемъ дѣло съ новой формой проявленія и дѣйствій матеріи, которыя заставляютъ изслѣдователя болѣе чѣмъ раньше углубляться въ тайны міроваго строя, доходить до тѣхъ его частей, гдѣ каждое свойство представляется только тѣмъ или другимъ движеніемъ. Движенія эѳира, о которыхъ мы до сихъ поръ могли говорить лишь на основаніи разныхъ довольно таки сложныхъ теоретическихъ соображеній, теперь всплываютъ наружу и, благодаря новымъ лучамъ, все больше и больше становятся объектомъ прямого наблюденія. Предъ нами начинаетъ раскрываться таинственная картина міра эѳира, являющагося носителемъ всѣхъ дѣйствій природы; подобно всѣмъ загадкамъ природы, и эта загадка, когда она будетъ разрѣшена, только углубитъ и подтвердитъ наши основныя воззрѣнія и прояснитъ наше пониманіе природы въ той мѣрѣ, какъ мы раньше не могли и надѣяться.

Мы не можемъ окончить эту главу, не отмѣтивъ, что наиболѣе таинственное изъ явленій на звѣздномъ небѣ, явленіе большихъ кометъ съ длинными хвостами происходитъ, вѣроятно, въ силу существованія тамъ тѣхъ же процессовъ, которыми обусловливается происхожденіе новыхъ не менѣе загадочныхъ лучей,

Разлитый на миллионы миль свѣтъ кометныхъ хвостовъ (см. приложеніе къ этой стр.) сходенъ, насколько мы въ состояніи судить, съ сіяніемъ, появляющимся въ катодныхъ трубкахъ. Вещество хвоста, изъ котораго этотъ свѣтъ исходитъ, совершенно какъ бы не матеріально, какъ не матеріальны наши новые лучи. Если-бъ даже все пространство, въ которомъ земной шаръ совершаетъ свои періодическія перемѣщенія, было наполнено этимъ веществомъ, то и въ этомъ случаѣ сквозь свѣтящіеся хвосты были бы видны находящіяся за ними звѣзды. Но какъ ни близка эта свѣтящаяся матерія къ совершенному ничто, все же она заряжена, подобно катоднымъ и беккерелевымъ лучамъ, электричествомъ; и солнце, этотъ огромный проводникъ, отталкиваетъ ихъ отъ себя со скоростью, которую можно опредѣлить по кривизнѣ хвоста точно такъ, какъ мы опредѣляли скорость катодныхъ лучей по ихъ отклоненію. Скорость матеріи, образующей хвостъ, равна скорости этихъ новыхъ лучей. (см. „Мірозданіе" В. Мейера). Но извѣстны и хвосты, обращенные къ солнцу; они, по всей вѣроятности, соотвѣтствуютъ гольдштейновскимъ закатоднымъ лучамъ. По мнѣнію Ленара, вовсе нѣтъ надобности предполагать прямого электрическаго дальнодѣйствія со стороны солнца. Ультрафіолетовые лучи, входящіе въ составъ солнечнаго свѣта, которые наблюдаются также и на землѣ, возбуждаютъ въ ядрахъ кометъ отрицательные электрическіе заряды и превращаютъ его, какъ въ описанномъ нами опытѣ, въ катодъ, посылающій свои лучи въ безвоздушное пространство по другую сторону отъ источника свѣта. На концѣ хвоста, который совершенно незамѣтно сливается съ окружающимъ его темнымъ фономъ, электричество, переданное лучами, разсѣевается въ небесномъ пространствѣ. То возраженіе, которое выставляли противъ теоріи космическихъ дальнодѣйствій электричества, указывая на невозможность передачи черезъ такъ называемую пустоту, представляющую собой, какъ думали, абсолютный непроводникъ, теперь, въ виду имѣющихся у насъ опытныхъ данныхъ, падаетъ. Мало того, въ междупланетномъ пространствѣ всегда имѣются цѣлыя тучи космическихъ метеоровъ, состоящихъ по большей части изъ желѣза; одного этого было бы уже достаточно для поддержанія взаимодѣйствій между космическими источниками электричества. При помощи тѣхъ тонкихъ измѣрительныхъ пріемовъ, которыми располагаютъ современные физики, быть можетъ, удастся прямо измѣрить электрическое дѣйствіе на землю ближайшей большой кометы; надо только, чтобы хвостъ ея былъ обращенъ къ землѣ.

Съ теченіемъ времени мы убѣждаемся все больше и больше, что явленія, происходящія у насъ на земномъ шарѣ, зависятъ не только отъ вліянія вполнѣ очевидныхъ тепловыхъ и свѣтовыхъ лучей, посылаемыхъ великимъ центральнымъ свѣтиломъ, но что всѣ физическіе процессы, переносимые эѳиромъ отъ свѣтила къ свѣтилу, отъ атома къ атому, поддерживаютъ постоянную связь между всѣми міровыми скопленіями матеріи, производящими другъ на друга дѣйствія всѣхъ возможныхъ родовъ. Нѣтъ такого скопленія матеріи, которое было бы оторвано отъ остальныхъ матеріальныхъ группъ, и потому было бы чрезвычайно странно, если-бъ оказалось, что исключеніемъ изъ этого общаго правила являются дѣйствія электрическія. Измѣненія элементовъ земного магнетизма, вспыхиваніе сіяній на полюсахъ, земные токи, измѣненія въ атмосферномъ электричествѣ, происхожденіе грозъ и нѣкоторыя другія явленія, причины которыхъ до сихъ поръ безуспѣшно искали въ самой землѣ, въ свое время, быть можетъ, будутъ объяснены прямымъ или косвеннымъ вліяніемъ этихъ космическихъ взаимодѣйствій. Во всякомъ случаѣ надо не забывать, что и физики должны оставить свою геоцентрическую точку зрѣнія, какъ это сдѣлали астрономы, что они должны будутъ обратить свои пытливые взоры туда, гдѣ въ міровомъ пространствѣ движутся міровыя свѣтила, что по отношенію къ мірамъ молекулъ еще долго будетъ для насъ недоступнымъ, даже при пользованіи тончайшими изъ нашихъ инструментовъ.



Жизнь природы. Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Яркія кометы съ хвостами.

a) Комета Донати 1858 г. — b) Комета Coggia 1874 г. — c) Большая сентябрьская комета 1882 г. — d) Комета Ольберса 1887 г. — e) Комета Савертала 1888 г.

Вторая часть.

Химическія явленія.

---

1. Общія соображенія.

Во всѣхъ высказываемыхъ нами до сихъ поръ соображеніяхъ мы постоянно отмѣчали то обстоятельство, что неодинаковыя свойства различныхъ веществъ вызываютъ и измѣняютъ дѣйствія силъ природы; мы говорили также о томъ, что для каждаго вещества существуютъ особыя характерныя числа, сообразно которымъ выражается въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ и дѣйствіе силъ природы. Мы видѣли также, что свойства этихъ веществъ оказываютъ сильное вліяніе на тѣ явленія природы, которыя здѣсь насъ интересуютъ. Тяготѣніе дѣйствуетъ, правда, на всѣ тѣла одинаково: бомба падаетъ въ безвоздушномъ пространствѣ съ такой же быстротой, какъ и бузиновый шарикъ. Но дѣйствіе тяготѣнія, его универсальность, стоитъ въ ряду дѣйствій другихъ силъ природы особнякомъ. Но и тутъ различныя вещества отличаются другъ отъ друга по вѣсу, который является прямымъ слѣдствіемъ тяготѣнія: одинаковые по величинѣ куски бузины и желѣза вѣсятъ неодинаково,—бузина вѣситъ меньше желѣза. Мы опредѣляли плотность различныхъ веществъ, и затѣмъ, получивъ эти числа, охарактеризовали ими эти вещества. Потомъ къ этимъ числамъ присоединились еще другія: ими выражались твердость различныхъ веществъ, ихъ способность къ расширенію, упругость, точка ихъ замерзанія и точка кипѣнія, теплоемкость, теплопроводность, показатель преломленія, способность къ поглощенію и отраженію, длина волны собственнаго ихъ свѣта, діэлектрическая постоянная, коэффиціентъ намагничиванія, ихъ электропроводность и нѣкоторыя другія свойства. Такимъ образомъ каждое вещество представляется намъ въ своей особенной формѣ съ своими особенными признаками, и, собственно говоря, въ этой разнородности взаимодѣйствующихъ веществъ и проявляются силы природы, въ ней онѣ получаютъ свое видимое выраженіе. Одинаковыя вещества, находясь въ однѣхъ и тѣхъ же физическихъ условіяхъ, вовсе не могутъ дѣйствовать другъ на друга. Но, съ другой стороны, если бы пришлось вводить для каждаго вещества свои особыя условія, въ соотвѣтствіи съ которыми надо было бы въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ вносить измѣненія въ законы, по нашимъ взглядамъ, обязательные для всего существующаго, то это плохо согласовалось бы съ нашимъ убѣжденіемъ въ единствѣ силъ природы. По отношенію къ этимъ индивидуальнымъ свойствамъ веществъ должна быть установлена въ свою очередь связующая ихъ закономѣрность. Дѣйствія различныхъ силъ природы на одно и то же вещество раскрыли предъ нами уже не одну изъ такихъ, говорящихъ объ единствѣ силъ, связей: таковы, напримѣръ, соотношенія между діэлектрической постоянной и показателемъ преломленія (стр. 313), между теплопроводностью и электропроводностью (стр. 322). Эти и другія, указывающія на единство силъ, соотношенія, мы признали слѣдствіемъ неизмѣнности и общности движенія той среды, которая передаетъ всѣ дѣйствія волновому движенію эѳира. Но величина и сочетанія этихъ волнъ без-

конечно разнообразны, и потому для объясненія ихъ происхожденія, мы должны предположить, что молекулярное строеніе веществъ, производящихъ столь разнообразныя дѣйствія, обладаетъ столь же разнородными свойствами. У насъ уже есть не мало фактовъ, говорящихъ въ пользу существованія именно такого молекулярнаго строенія матеріи, въ пользу предположенія объ ея разнородности. Но прежде всего химія стремится къ тому, чтобы проникнуть какъ можно глубже въ таинственный міръ атомовъ, изслѣдовать законы ихъ группировки и дѣйствующихъ на нихъ силъ, и такимъ образомъ отыскать въ совокупности тѣхъ отдѣльныхъ дѣйствій, которыми проявляютъ себя въ природѣ отдѣльныя вещества, общія всѣмъ имъ начала. Такимъ образомъ на долю химіи выпадаетъ честь положить послѣдній камень гордаго зданія единства силъ природы.

Но соображенія эти указываютъ въ то же время на самое близкое сродство химической и физической научныхъ дисциплинъ. Нельзя говорить о физическихъ дѣйствіяхъ того или другого вещества, не принимая въ разсчетъ его свойствъ, о которыхъ мы можемъ, какъ слѣдуетъ, узнать только отъ химика; съ другой стороны, чисто физическія дѣйствія составляютъ столь глубокую основу всѣхъ химическихъ явленій, что безъ нихъ нечего и думать о пониманіи химическихъ процессовъ.

Области, отмежованныя той и другой наукой, повсюду соприкасаются и заходятъ одна въ другую, и потому между ними нельзя провести опредѣленной границы. Химію опредѣляютъ, какъ науку устанавливающую соотношенія, въ какихъ извѣстныя намъ тѣла вступаютъ другъ съ другомъ въ соединеніе, или разлагаются на составныя части. Обыкновенныя смѣси, напримѣръ, смѣсь воды и сахара, можно приготовлять, не считаясь съ отношеніемъ смѣшиваемыхъ веществъ; онѣ тѣмъ и отличаются отъ химическихъ соединеній, что тѣ образуются съ соблюденіемъ вполнѣ опредѣленнаго числового отношенія веществъ, такъ что между этими двумя группами соединеній свободно можно провести границу. Но единство проявленій природы, установленіе котораго должно быть конечной цѣлью всѣхъ нашихъ изслѣдованій, заставляло и химиковъ отказываться отъ такого строгаго соблюденія границъ. Чтобы понять химическія дѣйствія, онъ долженъ познакомиться со всей совокупностью явленій, но тутъ то и оказывается, что у простыхъ, такъ называемыхъ физическихъ смѣсей много общаго съ химическими соединеніями. Въ виду всего сказаннаго, мы будемъ видѣть задачу современной химіи въ изслѣдованіи устойчивыхъ измѣненій и закономѣрностей, которымъ они подчиняются, и которыя опредѣляютъ дѣйствія веществъ другъ на друга или дѣйствія на нихъ той или другой силы природы.

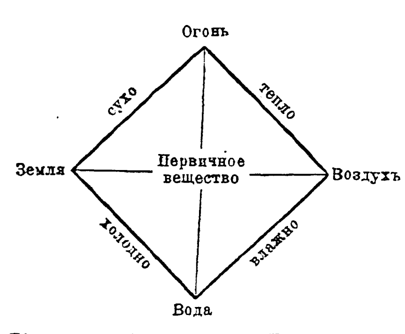
Тѣ вещества, которыми мы пользуемся въ своихъ физическихъ опытахъ, то есть, желѣзо, мѣдь, цинкъ, стекло и т. д. въ природѣ не встрѣчаются въ томъ состояніи, въ какомъ мы ихъ видимъ обыкновенно; этотъ видъ они пріобрѣтаютъ послѣ извѣстной обработки сырого продукта. Въ этомъ состоитъ практическая сторона искусства химика: она извѣстна искони. Съ тѣхъ поръ какъ человѣкъ знаетъ о разлагающей силѣ огня, онъ занимается выплавкой изъ рудъ мѣди и желѣза; обыкновенно для этого соединяютъ руду съ возстановляющимъ его углемъ и такимъ образомъ выдѣляютъ металлъ, химическій элементъ изъ руды, въ которой онъ такъ крѣпко связанъ съ кислородомъ. Искусство это позволило человѣчеству перейти отъ первыхъ ступеней, отъ каменнаго вѣка къ вѣку бронзовому и желѣзному, и такимъ образомъ открытіе этихъ химическихъ реакцій знаменуетъ собой извѣстные поворотные пункты общаго хода нашей культуры. Нѣкоторыми другими химическими свѣдѣніями обладали чуть не съ незапамятныхъ временъ два старѣйшихъ народа: египтяне и китайцы. Отъ египтянъ пошло и современное названіе этой науки: Плутархъ говоритъ, что они называли свою страну Хеми, или Хами, что значитъ черная земля. Поэтому еще въ средніе вѣка химію называли египетскимъ искусствомъ, чернокнижіемъ или тайнымъ искусствомъ: въ средніе вѣка, какъ и у египтянъ, науку эту хранили въ глубокомъ секретѣ.

Поэтому-то эта старинная наука и развивалась такъ медленно. Есть основанія думать, что египетскіе жрецы обладали немалыми свѣдѣніями по химіи, но при разрушеніи александрійской библіотеки эти знанія вмѣстѣ съ другими сокровищами науки, накоплявшимися жившимъ на Нилѣ великимъ народомъ, погибли для насъ навсегда. Съ того времени въ наукѣ о природѣ стали господствовать воззрѣнія Аристотеля, которыя проникнуты глубоко философскимъ духомъ, но, слишкомъ долго считались, наравнѣ съ священными откровеніями, совершенно неприкосновенными.

По ученію Аристотеля (впрочемъ, мы и теперь придерживаемся того же воззрѣнія), все существующее можетъ быть выведено изъ одного первичнаго вещества и его превращеній. Это та основная мысль, которой мы слѣдовали во всѣхъ соображеніяхъ, высказанныхъ нами въ этомъ сочиненіи. Это первичное вещество было, какъ предполагали, невидимымъ, не имѣющимъ ни свойствъ, ни формы, словомъ, это была какъ бы „вещь въ себѣ". Изъ нея образовалось четыре аристотелевскихъ элемента огонь, воздухъ, вода и земля: они находятся въ постоянномъ движеніи и постоянно переходятъ другъ въ друга; такимъ путемъ получается вся совокупность явленій природы, вся совокупность видимыхъ предметовъ. Эти переходы поясняетъ діаграмма (стр. 406), построеніе которой опирается на слѣдующія соображенія. Огонь сухъ и въ то же время горячъ, воздухъ горячъ и влаженъ, вода влажна и холодна, земля холодна и суха. Если подставить вмѣсто этихъ четырехъ стихій тѣ абстракціи, которыя, навѣрно, носились передъ умомъ греческаго естествоиспытателя, если за огонь принять ту единственную силу природы, которая проявляетъ себя главнымъ образомъ въ видѣ теплоты, а вмѣсто воздуха, воды и земли взять соотвѣтствующія имъ аггрегатныя состоянія матеріи, то Аристотелево воззрѣніе въ этомъ современномъ одѣяніи сохранитъ свое значеніе и для современнаго естествознанія: вѣдь и современная наука вѣритъ въ нѣкоторое единое первичное вещество, вѣритъ въ то, что оно въ взаимодѣйствіи своемъ съ первичной силой, то есть съ своимъ движеніемъ, производитъ все великое разнообразіе въ существующемъ, всѣ наблюдаемыя нами явленія.

Чего только не даетъ намъ эта діаграмма при сказанномъ современномъ ея толкованіи! Если мы соединимъ землю съ огнемъ, мы должны получить воздухъ, другими словами, огонь превращаетъ твердыя вещества въ газообразное состояніе. Чѣмъ больше отнимемъ мы отъ газа тепла, тѣмъ ближе будетъ онъ къ капельно-жидкому состоянію: на діаграммѣ мы опускаемся при этомъ еще болѣе внизъ. Уже въ то время знали, что при охлажденіи атмосферы, выпадаютъ дожди. То обстоятельство, что одно и то же вещество въ каждомъ изъ трехъ своихъ аггрегатныхъ состояній обладаетъ особыми свойствами, могло весьма легко повести къ предположенію, что и всѣ остальныя вещества представляютъ собой въ сущности лишь видоизмѣненія одного и того же единственнаго вещества, и что разнообразіе всѣхъ этихъ веществъ объясняется только разницей въ отношеніяхъ количествъ образующаго ихъ вещества. Это былъ путь чистаго умозрѣнія, и ему нельзя совсѣмъ отказать въ научности. Въ современной химіи имѣются сотни примѣровъ, гдѣ продукты соединеній однѣхъ и тѣхъ же веществъ обладаютъ совершенно неодинаковыми свойствами только потому, что соединяющіяся вещества входятъ въ эти продукты въ неодинаковыхъ отношеніяхъ. Достаточно указать на атмосферный воздухъ съ содержащейся въ немъ водой. Достаточно, ничего къ нему не прибавляя и ничего отъ него не отнимая, измѣнить отношеніе количествъ входящаго въ него кислорода, азота и водорода (въ водяныхъ парахъ) и химически соединить эти элементы, и, вмѣсто поддерживающаго жизнь воздуха, мы получимъ разрушительную и очень ядовитую азотную кислоту. Правда, вмѣсто трехъ Аристотелевыхъ стихій, земли, воды и воздуха, у насъ около семидесяти элементовъ, которые вмѣстѣ съ силами природы образуютъ и поддерживаютъ весь міръ. Но въ послѣднія десятилѣтія найдены такія необыкновенныя соотношенія этихъ элементовъ (подробнѣе ими мы займемся нѣсколько позже), что теперь почти не подлежитъ сомнѣнію, что всѣ они имѣютъ одно простое и общее имъ всѣмъ начало, подобно

силамъ природы, для которыхъ такимъ началомъ, какъ мы все болѣе и болѣе убѣждаемся, является нѣкоторый родъ движенія. Можно думать, что нѣкогда изъ Аристотелевыхъ элементовъ останутся въ нашемъ міропониманіи только два: земля и огонь, то есть первичное вещество и его сила, его движеніе; изъ нихъ созидается міръ, подобно тѣмъ разнообразнѣйшимъ зданіямъ, которыя мы возводимъ изъ однихъ и тѣхъ же камней. Если мы обратились къ разсморѣнію взглядовъ греческаго мудреца, то сдѣлали это не для полноты историческаго очерка развитія химіи, а для того чтобы указать зародышъ тѣхъ воззрѣній, которыми руководствуется современная наука. Поэтому нѣтъ основанія смѣяться надъ воззрѣніями средневѣковыхъ алхимиковъ, которые полагали, что можно дѣлать золото изъ любого вещества; мы можемъ только удивляться наивности ихъ средствъ, иногда чисто мистическихъ, которыми они думали присоединить къ искомому металлу первичное вещество. Во всякомъ случаѣ надо сильно пожалѣть, что древняя химія, которая уже больше чѣмъ 2000 лѣтъ тому назадъ была на вѣрномъ пути, благодаря корыстнымъ побужденіямъ алхимиковъ стала разрабатываться въ средніе вѣка столь узко и односторонне.



Діаграмма Аристотеля. Четыре стихіи и ихъ взаимноотношеніе. См. текстъ, стр. 405

Правда, и за этотъ періодъ были добыты нѣкоторыя свѣдѣнія, но химія, какъ наука, перестала существовать; лишь въ серединѣ 17-аго столѣтія Робертъ Бойль придалъ извѣстную систематичность невѣрно понятымъ Аристотелевымъ воззрѣніямъ и предложилъ считать каждое вещество, которое при современныхъ условіяхъ не можетъ быть разложено, веществомъ простымъ: этотъ взглядъ долженъ былъ внести извѣстную систему и въ пониманіе самыхъ разложеній. Бойль былъ первымъ ученымъ, подходившимъ уже къ идеѣ объ атомахъ, но въ то время почва для нея была подготовлена еще слишкомъ мало.

Тогда всеобщимъ признаніемъ пользовалось ученіе о такъ называемомъ флогистонѣ, горючемъ веществѣ, которое выдѣлялось, по этому воззрѣнію, изъ сгарающаго, „обращающагося въ известь“ или, какъ теперь говорятъ, окисляющагося вещества, и уносилось въ воздухъ, терявшій при этомъ способность горѣть; флогистонъ этотъ является въ сущности нашимъ кислородомъ, но только, если только можно такъ выразиться, движущимся въ обратномъ смыслѣ: флогистонъ при сгараніи оставляетъ тѣло, кислородъ, наоборотъ, соединяется съ нимъ. Количественный анализъ долженъ былъ показать, что сгарающія въ воздухѣ тѣла становятся на самомъ дѣлѣ не легче, а тяжелѣе и вбираютъ въ себя часть воздуха. Впервые показалъ это Лавуазье въ 1774 г.; онъ открылъ при этомъ кислородъ и установилъ, что настоящей причиной всѣхъ процессовъ горѣнія является именно этотъ газъ. Открытіе Лавуазье послужило могучимъ толчкомъ къ развитію химіи въ современномъ ея смыслѣ: настоящей наукой, несмотря на то, что начало ея восходитъ къ самымъ первымъ временамъ жизни человѣчества, она стала не болѣе ста лѣтъ тому назадъ.

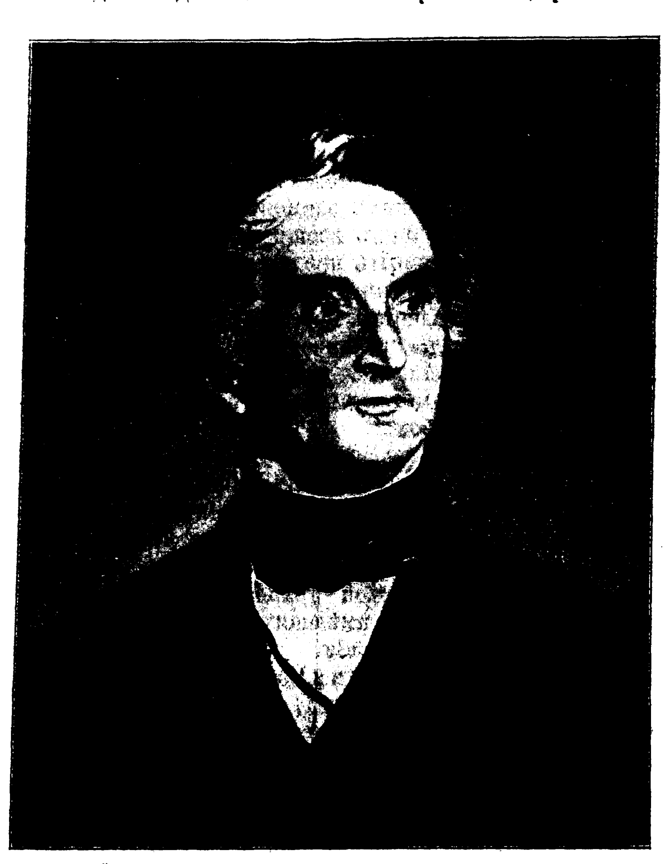
Этого краткаго очерка уклоненій и ошибокъ химіи достаточно, чтобы видѣть всю запутанность путей, по которымъ шла эта наука при открытіи наиболѣе распространенныхъ веществъ и способовъ ихъ полученія изъ минераловъ, что происходило, по большей части, совершенно случайно. Поэтому дальнѣйшее развитіе нашихъ воззрѣній едва ли выиграло бы, если бы мы стали теперь же описывать, какимъ образомъ изслѣдованіе и обработка тѣхъ минераловъ и веществъ, которыя встрѣчаются въ природѣ, способствовали установленію того взгляда, что эти вещества представляютъ изъ себя, по большей части, лишь соединенія другихъ болѣе простыхъ веществъ и что эти простыя вещества, такъ называемые химическіе элементы, въ свободномъ видѣ встрѣчаются въ природѣ или очень рѣдко или вовсе не встрѣчаются, и при тѣхъ вспомогательныхъ

средствахъ, какія имѣются въ распоряженіи современной науки, разложены на болѣе простыя вещества быть не могутъ. Мы поступимъ болѣе цѣлесообразно, если возьмемъ за отправную точку сами эти элементы и затѣмъ разсмотримъ въ извѣстной системѣ, какъ построено изъ нихъ, изъ этихъ основныхъ веществъ, все мірозданіе. Мы будемъ слѣдовать при этомъ тому пути, который видимъ въ природѣ при созиданіи ею ея міровыхъ системъ, начиная отъ молекулъ и кончая солнцами. Спектроскопическія изслѣдованія, а также другія данныя физики и химіи показываютъ самымъ несомнѣннымъ образомъ, что всѣ химическіе элементы, присутствіе которыхъ обнаружено на солнцѣ, находятся тамъ въ свободномъ состояніи, въ состояніи диссоціаціи. Солнце находится въ первыхъ стадіяхъ образованія и, если гдѣ-нибудь и могутъ получиться химическія соединенія, то, какъ мы уже указывали (стр. 175), только въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ мы видимъ солнечныя пятна. Охлажденіе, которое подвигалось впередъ все больше и больше, дѣлало возможнымъ образованіе все болѣе и болѣе сложныхъ молекулъ; наконецъ, могли появиться организмы, созданные всего изъ нѣсколькихъ элементовъ, молекулярныя системы которыхъ за то до того сложны, что ни нашъ изощренный умъ, ни наше экспериментаторское искусство не въ состояніи раскрыть предъ нами ихъ настоящаго строенія, не въ состояніи рѣшить задачи о лабораторномъ построеніи этихъ молекулъ. Мы не подвигаемся въ этомъ направленіи впередъ, не взирая на то, что точное знаніе химическаго состава такихъ органическихъ веществъ, какъ крахмалъ, бѣлокъ и даже хлорофиллъ и протоплазма, дали бы человѣчеству новую счасливую эру. Искусственное изготовленіе питательныхъ веществъ сняло бы съ плечъ людей значительную долю ихъ заботъ.

Но химія не ограничивается стремленіемъ воспроизводить изъ элементовъ имѣющіяся уже въ природѣ вещества, въ ея задачу входитъ образованіе новыхъ веществъ, и многія изъ такихъ веществъ имѣютъ большое значеніе въ промышленности и техникѣ. Химія, благодаря этому, является могущественной союзницей людей. Къ сожалѣнію мы не можемъ удѣлить мѣсто болѣе подробному разсмотрѣнію задачъ практической химіи и химической технологіи. Мы ограничимся тѣмъ, что приведемъ нѣсколько примѣровъ, имѣющихъ отношеніе къ общимъ точкамъ зрѣнія, проводимымъ въ этомъ сочиненіи.

Принято раздѣлять химію на двѣ части: на химію неорганическую и химію органическую. Химія неорганическая изслѣдуетъ тѣла такъ называемой мертвой природы. Она занимается выдѣленіемъ изъ горныхъ породъ, воздуха и воды разнаго рода ихъ простыхъ составныхъ частей и образованіемъ изъ этихъ простыхъ веществъ всевозможныхъ соединеній. Тѣ же задачи преслѣдуетъ по отношенію къ веществамъ, которыя вырабатываются въ природѣ только организмами, химія органическая. Раньше внѣшнія различія позволяли очень рѣзко разграничивать эти два отдѣла науки. Тѣ соединенія, которыми занимается неорганическая химія, всегда удавалось не только разлагать, но и вновь образовывать изъ элементовъ, то есть производить не только анализъ, но и ихъ синтезъ, чего нельзя сказать о соединеніяхъ органическихъ. Но въ 1828 году Вёлеръ искусственно образовалъ мочевину, а затѣмъ его блестящія теоретическія работы, а также изслѣдованія геніальнаго Либиха (см. портретъ на стр. 408) позволили Кекуле, Бертело и Гофманну выполнить рядъ дальнѣйшихъ синтезовъ тѣхъ веществъ, которыя до тѣхъ поръ совершенно непонятнымъ образомъ вырабатывались только при участіи, какъ говорили до того времени, жизненной силы въ живыхъ организмахъ. Открытія эти все болѣе и болѣе стирали черту, которая отдѣляла одну область химіи отъ другой. Правда, образованы химическимъ путемъ были тѣ вещества, которыя въ процессахъ, совершающихся въ организованныхъ существахъ играютъ роль какъ бы побочныхъ продуктовъ или получаются при ихъ разложеніи; таковы масла, кислоты, образующіяся въ организмахъ ароматическія вещества, выдѣляющіяся изъ организмовъ въ видѣ пріятныхъ или непріятныхъ запаховъ или такъ называемые алкалоиды, по большей части, очень сильные яды: они образуются вмѣстѣ съ другими продуктами въ трупахъ при процессѣ разложенія. Тѣ вещества, которыя находятся въ жи-

[illegible] клѣткахъ и принимаютъ главное участье въ процессахъ внутренняго обмѣна, совершающагося въ организмѣ, которыя только въ растеніяхъ состоятъ изъ элементовъ, и служатъ животнымъ исключительно для питанія, къ сожалѣнію, не могутъ быть искусственно воспроизведены, потому что химическіе процессы, происходящіе въ растеніи, представляютъ для насъ неразрѣшимую загадку. Но все говоритъ за то, что химія, идя по пути, на который она вступила въ нѣсколько послѣднихъ десятковъ лѣтъ тому назадъ, успѣшно справится и съ этой задачей. Шагъ за шагомъ идутъ одинъ за другимъ синтезы все болѣе и болѣе сложныхъ соединеній, лежащихъ по пути къ указанной нами высшей цѣли органической химіи.



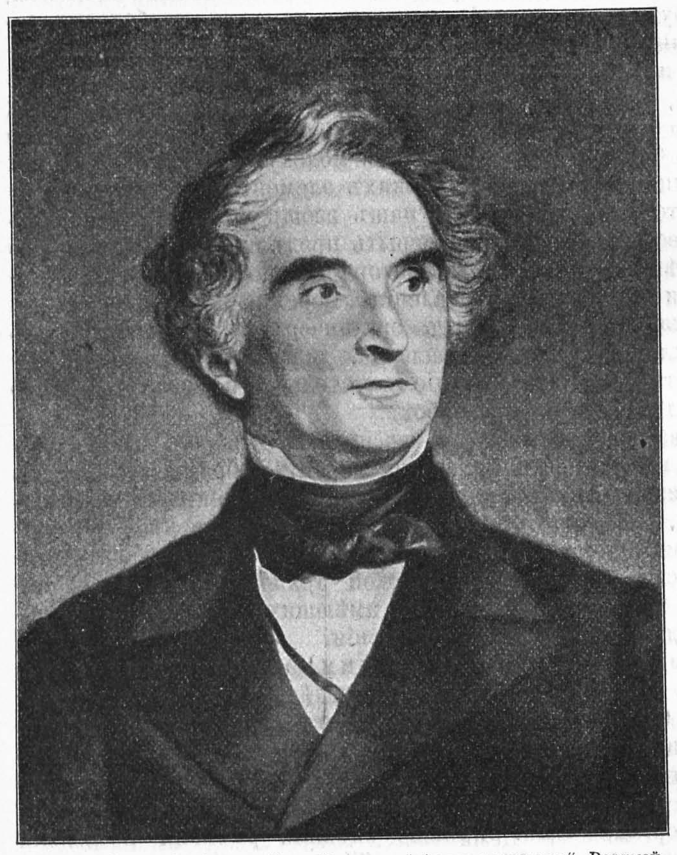
Іустусъ фонъ Либихъ. Изъ „19-го столѣтія въ картинахъ", Веркмейстера. См. текстъ, стр. 407.

Итакъ, область невыполнимыхъ органическихъ синтезовъ все болѣе и болѣе сокращается, а потому должны все болѣе и болѣе сливаться и оба отдѣла химіи. Теперь мы раздѣляемъ химію на двѣ части чисто формально, а не по существу; химію органическую мы теперь называемъ химіей углеродистыхъ соединеній; называемъ мы ее такъ потому, что углеродъ представляетъ собой главную составную часть всѣхъ органическихъ соединеній; другіе элементы входятъ въ нихъ въ значительно меньшихъ количествахъ, при томъ углеродъ вступаетъ съ ними въ болѣе разнообразныя соединенія, нежели они сами между собой. Уже по однимъ практическимъ соображеніямъ приходится выдѣлить эту многочисленную группу углеродистыхъ соединій въ особый отдѣлъ. Только тѣ углеродистыя соединенія, которыя встрѣчаются въ неорганизованной природѣ, могутъ быть отнесены къ отдѣлу неорганической химіи; они будутъ образовывать связующее звено между обѣими областями.

Теперь мы переходимъ къ обзору химическихъ процессовъ, обзору общему и скорѣе схематическому, для того чтобы познакомиться съ предметомъ теперь же, еще до того, какъ мы сведемъ эти новыя явленія съ разсмотрѣнными уже нами явленіями физическими.

2) Обзоръ неорганическихъ соединеній.

Всѣхъ различныхъ породъ, найденныхъ въ земной корѣ и представляющихъ собой тѣ соединенія, изъ которыхъ были выдѣлены интересующіе насъ химическіе элементы, насчитывается до 700. Отъ горныхъ породъ въ собственномъ смыслѣ этого слова отличаются руды, которыя въ видѣ жилъ прорѣзываютъ самыя породы, потомъ вулканическія образованія, земли и т. п. Тѣ элементы, которые



Іустусъ фонъ Либихъ. Изъ „19-го столѣтія въ картинахъ“, Веркмейстера. См. текстъ, стр. 407.

имѣются въ воздухѣ и въ водахъ, содержатся, по большей части, и въ твердыхъ породахъ; исключеніе составляютъ нѣкоторыя недавно найденныя примѣси атмосферы, какъ то аргонъ, криптонъ, неонъ и т. д., о химическихъ свойствахъ которыхъ, по большей части, впрочемъ, даже отсутствующихъ, мы знаемъ очень мало. Изъ этихъ 700 природныхъ соединеній удалось съ теченіемъ времени выдѣлить около семидесяти веществъ, которыя далѣе уже не разлагаются. Вотъ они въ алфавитномъ порядкѣ.

Таблица химическихъ элементовъ.

Азотъ (Nitrogenium)	N	14,04	Неонъ	Ne	20
Алюминій	Al	27,1	Никкель	Ni	58,7
Аргонъ	A	39,9	Ніобій	Nb	94
Барій	Ba	137,4	Олово (Stannum)	Sn	118,5
Бериллій	Be	9,1	Осмій	Os	191
Боръ	B	11	Палладій	Pd	106,5
Бромъ	Br	80	Платина	Pt	194,8
Ванадій	V	51,2	Празеодимъ	Pr	140,5
Висмутъ (Bismutum)	Bi	208,5	Радій	Ra	225
Водородъ (Hydrogenium)	H	1,01	Родій	Rh	103
Вольфрамъ	W	184	Ртуть (Hydrargyrum)	Hg	200,3
Годолиній	Gd	156	Рубидій	Rb	85,4
Галлій	Ga	79,96	Рутеній	Ru	101,7
Гелій	He	4	Самарій	Sm	150
Германій	Ge	72,5	Свинецъ (Plumbum)	Pb	206,9
Желѣзо (Ferrum)	Fe	56	Селенъ	Se	79,2
Золото (Aurum)	Au	197,2	Серебро (Argentum)	Ag	107,93
Индій	In	114	Скандій	Sc	44,1
Иридій	Ir	193	Стронцій	Sr	87,6
Иттербій	Yb	173	Сѣра (Sulfur)	S	32,06
Иттрій	Y	89	Сурьма (Stibium)	Sb	120,2
Іодъ	I	126,85	Таллій	Tl	204,1
Кадмій	Cd	112,4	Танталъ	Ta	183
Калій	K	39,15	Теллуръ	Te	127,6
Кальцій	Ca	40	Тербій	Tb	160
Кислородъ (Oxygenium)	O	16	Титанъ	Ti	48,1
Кобальтъ	Co	59	Торій	Th	232,5
Кремній (Silicium)	Si	28,4	Тулій	Tu	171
Криптонъ	Kr	81,8	Углеродъ (Carboneum)	C	12
Ксенонъ	X	128	Уранъ	U	239,5
Лантанъ	La	138,9	Фосфоръ	P	31
Литій	Li	7,03	Фторъ	F	19
Магній	Mg	24,36	Хлоръ	Cl	35,45
Марганецъ	Mn	55	Хромъ	Cr	52,1
Молибденъ	Mo	96	Цезій	Cs	133
Мышьякъ	As	75	Церій	Ce	140
Мѣдь (Cuprum)	Cu	63,6	Цинкъ	Zn	65,4
Натрій	Na	23,05	Цирконъ	Zr	90,7
Неодимъ	Nd	143,06	Эрбій	Er	166

Стоящія во второмъ ряду противъ названій элементовъ буквы представляютъ, собой ихъ обычныя сокращенныя или условныя названія, символы; въ дальнѣйшемъ изложеніи мы ими будемъ пользоваться постоянно. Въ смыслѣ простоты и опредѣленности обозначеній, получающихся изъ элементовъ соединеній, эти символы даютъ намъ очень много; кромѣ того, они имѣютъ количественное значеніе. Въ третьемъ ряду помѣщены атомные вѣса. Какъ извѣстно, вѣса эти представляютъ собой относительныя числа: о настоящемъ вѣсѣ атомовъ мы не знаемъ ничего опредѣленнаго. Стало быть, числа эти показываютъ только, во сколько разъ атомъ какого-нибудь элемента вѣситъ больше атома другого элемента; мы получаемъ эти числа изъ соотвѣтственнаго ряда изслѣдованій. Въ этомъ смыслѣ мы могли бы, напримѣръ, называть атомный вѣсъ вещества относительной плотностью его атомовъ. Разумѣется только, такая плотность не имѣетъ ничего общаго съ извѣстной намъ плотностью составленнаго изъ самихъ атомовъ вещества. Вспомнимъ, что за единицу плотностей (d) мы приняли плотность

воды, единицу вполнѣ произвольную, точно также мы должны условиться объ единицѣ атомныхъ вѣсовъ, имѣя въ виду, чтобы она при всей произвольности была бы по возможности наиболѣе практичной.

До недавняго времени общепринятой единицей атомныхъ вѣсовъ считался атомный вѣсъ водорода. Въ таблицѣ однако мы видимъ, что это не такъ,— атомный вѣсъ водорода равенъ тутъ не 1, а 1,01. Объясняется это слѣдующимъ образомъ. За послѣднія десятилѣтія чрезвычайно изощрились и химическіе пріемы изслѣдованія; оказалось, что числовое отношеніе тѣхъ веществъ, съ которыми водородъ вступаетъ въ соединеніе, къ водороду, служащее для опредѣленія атомнаго вѣса, въ виду разныхъ практическихъ затрудненій можно установить далеко не такъ точно, какъ отношеніе ихъ ко многимъ другимъ веществамъ, напримѣръ, къ кислороду. Но разъ новыя излѣдованія дали новыя значенія для атомнаго вѣса водорода, который до того всегда принимался за единицу этихъ вѣсовъ, то, конечно, должны были измѣниться и атомные вѣса всѣхъ остальныхъ извѣстныхъ элементовъ. Вотъ почему предпочтительнѣе было взять за мѣру атомныхъ вѣсовъ вѣсъ другого вещества, точнѣе изученнаго въ этомъ отношеніи. Но тутъ приходится считаться съ практическимъ затрудненіемъ: всѣ повсюду привыкли къ водородной единицѣ. Въ концѣ концовъ остановились на такого рода компромиссѣ: за единицу атомныхъ вѣсовъ выбрали атомный вѣсъ кислорода, но приписали ему разъ навсегда числовое значеніе 16, которымъ онъ былъ охарактеризованъ въ прежней системѣ. Это было удобно тѣмъ, что, во-первыхъ, могли оставаться безъ измѣненія всѣ общепринятыя круглыя числа атомныхъ вѣсовъ, лишь бы только не было ошибки въ самомъ ихъ опредѣленіи, и, во-вторыхъ, при болѣе точныхъ чѣмъ прежде опредѣленіяхъ атомнаго вѣса водорода впослѣдствіи намъ придется измѣнять только атомный вѣсъ самого водорода. Кислородъ же изученъ въ этомъ отношеніи настолько точно, что намъ нечего опасаться въ будущемъ никакихъ измѣненій его атомнаго вѣса, а стало быть, и измѣненій атомныхъ вѣсовъ всѣхъ остальныхъ элементовъ.

Изъ числа приведенныхъ въ нашей таблицѣ элементовъ большая половина встрѣчается въ природѣ очень рѣдко, и по сколько мы можемъ судить, эта часть элементовъ играетъ какъ въ строеніи земли, такъ и въ составѣ небесныхъ свѣтилъ совершенно подчиненную роль, и потому много заниматься мы ими не будемъ; остается, стало быть, около тридцати элементовъ, изъ взаимодѣйствій которыхъ слагается и дальше развивается весь міръ.

По внѣшнему виду элементы эти разбиваютъ на три большія группы, на тяжелые металлы, на металлы легкіе и не-металлы или металлоиды; къ послѣднимъ относятся также газы, извѣстные раньше подъ именемъ постоянныхъ. Эти главныя группы, въ соотвѣтствіи съ химическими сходными свойствами составляющихъ ихъ тѣлъ, мы въ свою очередь разбиваемъ на подгруппы. Возможны и вполнѣ правильны разныя группировки; мы же въ настоящую минуту остановимся на одной изъ нихъ прежде общепринятой системѣ распредѣленія элементовъ по ихъ представителямъ, не боясь упрека въ ея устарѣлости. Вотъ какъ распредѣляются элементы по этому плану:

A. Металлоиды:

I Группа кислорода: кислородъ, сѣра и, болѣе рѣдкій, селенъ.
II Галоиды, или образователи солей: хлоръ, бромъ, іодъ и фторъ.
III Группа азота: азотъ, фосфоръ, мышьякъ, сурьма (металлъ).
IV Группа углерода: углеродъ, боръ, кремній.
V Группа водорода: только водородъ.

B. Легкіе металлы.

VI Щелочные металлы: калій, натрій,
VII Щелочно земельные металлы: кальцій, барій, стронцій.
VIII Группа магнія: одинъ магній.
IX Земли: алюминій и много другихъ рѣдкихъ металловъ.

С. Тяжелые металлы.

X Группа желѣза: хромъ, желѣзо, цинкъ, марганецъ, кобальтъ, никкель, уранъ.

XI Группа свинца: свинецъ, ртуть, серебро, мѣдь, висмутъ, кадмій.

XII Группа олова: олово, золото, платина.

Вещества эти вступаютъ другъ съ другомъ въ соединенія въ зависимости отъ степени ихъ химическаго сродства; такъ называютъ извѣстнаго рода притягательную силу. Можно было бы составить по отношенію къ этому свойству такіе же ряды элементовъ, какъ тѣ, которые уже намъ извѣстны (напримѣръ, рядъ Вольты, рядъ электрическихъ напряженій.). Но въ этомъ случаѣ обстоятельства нѣсколько сложнѣе: тутъ стремятся вступить въ соединеніе каждый разъ не два какихъ-нибудь тѣла, а совершенно произвольное число различныхъ химическихъ элементовъ, которые образуютъ другъ съ другомъ особенныя характерныя группы или другъ друга отталкиваютъ. Тѣ группы элементовъ, которыя указаны нами выше, также могутъ до извѣстной степени, быть приняты за такого рода рядъ химическихъ напряженій. Если выключить основную группу металлоидовъ, то ни одинъ изъ остальныхъ элементовъ въ предѣлахъ своей группы не сможетъ образовать ни одного соединенія. Тяжелые металлы образуютъ, напримѣръ, сплавы, но это, съ одной стороны, уже не физическія смѣси, а, съ другой стороны, еще не химическія соединенія. Сходныя вещества встрѣчаются въ природѣ рядомъ другъ съ другомъ очень часто: желѣзо, кобальтъ, никель относятся другъ къ другу довольно безразлично. Въ легкихъ же веществахъ, въ особенности въ газахъ, мы имѣемъ такого рода тѣла, которыя легко вступаютъ въ соединеніе съ смежными членами; таковы, напримѣръ, соединенія сѣры и кислорода.

а) Окислы.

Въ мертвой природѣ во всемъ ея объемѣ кислородныя соединенія имѣютъ наиболѣе важное значеніе. Почти вся земная кора состоитъ изъ такого рода веществъ, изъ продуктовъ горѣнія и окисленія, какъ мы называемъ соединенія разныхъ элементовъ съ кислородомъ, хотя бы при этомъ и не было грубаго проявленія процесса горѣнія, пламени, которое появляется лишь въ самыхъ исключительныхъ случаяхъ. Зато каково бы ни было кислородное соединеніе, при образованіи его всегда выдѣляется теплота.

Наиболѣе распространеннымъ кислороднымъ соединеніемъ является вода. Если смѣшать одинъ объемъ, скажемъ, одинъ литръ кислорода съ двумя равными объемами водорода, то мы не замѣтимъ въ смѣси этихъ газовъ никакихъ измѣненій: они образуютъ пока только механическую смѣсь. Но если довести часть этой смѣси до извѣстной температуры, пропустивъ черезъ нее электрическую искру или просто нагрѣвъ ее, то происходитъ химическая реакція, протекающая съ сильнымъ шумомъ (взрывъ), продуктомъ которой оказывается водяной паръ; когда температура въ достаточной мѣрѣ понизится, мы получимъ и воду въ видѣ водяныхъ капель. Продуктъ этотъ какъ въ физическомъ, такъ и въ химическомъ отношеніи обладаетъ уже совершенно не тѣми свойствами, что оба составляющихъ его газа. Кислородъ O представляетъ изъ себя газъ безъ цвѣта и запаха, который самъ по себѣ не горитъ, но обусловливаетъ и поддерживаетъ горѣніе другихъ веществъ. Литръ этого газа вѣситъ 1,43 грам. Раньше считали кислородъ постояннымъ газомъ, но въ послѣднее время найдено, что онъ кипитъ при -181^0; другими словами, при температурахъ болѣе низкихъ и при нормальномъ атмосферномъ давленіи онъ находится уже въ жидкомъ состояніи; жидкій кислородъ выглядитъ, какъ вода, но не имѣетъ съ ней ничего общаго. При какой температурѣ кислородъ отвердѣваетъ, мы не знаемъ точно (около -220^0).

Водородъ H представляетъ собой также газъ безъ цвѣта и запаха. Въ противоположность кислороду, его можно зажечь, и онъ горитъ на воздухѣ слабымъ голубоватымъ пламенемъ. Продуктъ этого горѣнія снова вода. Но самъ

горѣнія онъ не поддерживаетъ. Тлѣющая лучина, опущенная въ кислородъ, вспыхиваетъ яркимъ пламенемъ, въ водородѣ же она потухаетъ. Водородъ—наиболѣе легкій изъ элементовъ; литръ водорода вѣситъ всего лишь около 0,090 гр. то есть ровно въ 16 разъ меньше кислорода, что соотвѣтствуетъ и отношенію ихъ атомныхъ вѣсовъ. Водородъ при обыкновенномъ давленіи кипитъ при — 246: критическая температура его, при которой ожиженіе происходитъ подъ давленіемъ въ 20 атмосферъ, равна приблизительно — 234⁰.

Свойства воды знаетъ каждый. Въ противоположность своимъ химическимъ составнымъ частямъ она легко переходитъ въ каждое изъ трехъ аггрегатныхъ состояній; она не горитъ и горѣнія не поддерживаетъ.

Характернымъ признакомъ химическихъ соединеній является то обстоятельство, что продуктъ соединенія представляетъ изъ себя, повидимому, совершенно новое вещество, не имѣющее ничего общаго съ составляющими его веществами. Соединеніе какъ бы уничтожаетъ исходныя свойства элементовъ, дѣлаетъ ихъ недѣятельными; оно напоминаетъ собой въ этомъ отношеніи соединеніе положительнаго электричества съ отрицательнымъ.

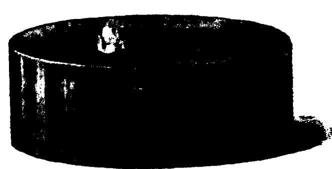
Другимъ отличительнымъ свойствомъ химическихъ соединеній является сравнительно большая трудность разложенія ихъ на составныя части: соединяются элементы гораздо легче. Въ томъ примѣрѣ, который мы разсмотрѣли, только очень высокія температуры или электрическій разрядъ, обладающій въ большинствѣ случаевъ бо̀льшей способностью къ разложенію, нежели обыкновенныя химическія реакціи, можетъ вызвать отдѣленіе другъ отъ друга обоихъ составляющихъ воду элементовъ. Мы уже знаемъ объ этомъ разложеніи воды по опыту съ вольтаметромъ (стр. 370); мы видѣли также, что объемъ водорода, выдѣлившагося на одномъ электродѣ, какъ разъ вдвое больше объема кислорода, выдѣлившагося на другомъ электродѣ.

Но есть не мало такихъ реакцій, которыя выдѣляютъ изъ воды только одинъ водородъ. Если бросить въ воду кусокъ натрія, то онъ начнетъ быстро двигаться, загорится и будетъ продолжать горѣть (см. рисунокъ на стр. 413); онъ обладаетъ бо̀льшимъ сродствомъ по отношенію къ кислороду, чѣмъ по отношенію къ водороду, а потому отрываетъ отъ соединенія, отъ воды, кислородъ и образуетъ съ нимъ кислородное соединеніе. Выдѣляется тепло, водородъ воспламеняется и, сгорая въ воздухѣ, снова превращается въ воду. Можно воспрепятствовать этому вторичному образованію воды; для этого надо вести разложеніе натріемъ безъ доступа воздуха; тогда водородъ будетъ выдѣляться въ видѣ газа.

Другая отличительная особенность химическихъ соединеній состоитъ въ томъ, что простыя вещества входятъ въ нихъ только въ совершенно опредѣленныхъ простыхъ объемныхъ отношеніяхъ. Мы видѣли, что вода получается при соединеніи именно двухъ частей водорода и одной части кислорода, и, что разлагая ее, мы снова получаемъ эти газы въ тѣхъ же объемныхъ отношеніяхъ. Если бы мы образовали иначе смѣсь этихъ газовъ, гремучій газъ, взявъ ихъ въ другомъ отношеніи, то, по соединеніи ихъ, извѣстная часть одного изъ нихъ осталась бы въ свободномъ видѣ, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ реакціи бы вовсе не послѣдовало. Вѣсовое измѣреніе этихъ составныхъ частей показываетъ, что 16 вѣсовыхъ частей кислорода съ 2 вѣсовыми частями водорода даютъ воду. Мы уже знаемъ, что литръ кислорода вѣситъ 1,43 гр. а 2 литра водорода 0,18 гр. Отношеніе этихъ чиселъ равно 16:2; три литра гремучаго газа вѣсятъ, стало быть, 1,61 гр. Столько будетъ вѣсить и получающаяся изъ гремучаго газа вода: при химическихъ процессахъ ничего къ смѣси не прибавляется, и ничего отъ нея не отнимается. Это подтверждается самыми точными измѣреніями. 1,61 грамма воды при + 4⁰ занимаютъ равно 1,61 кб. см. то есть пространство почти въ 2000 разъ меньше, нежели объемъ смѣси газовъ до соединенія. Мы можемъ понять отсюда, что такое внезапное и сильное уменьшеніе объема матеріи должно было сопровождаться сильнымъ взрывомъ; но въ сущности явленіе взрыва не такъ просто, и главное значеніе при этомъ взрывѣ имѣетъ образованіе того или другого количества теплоты.

Взглянувъ на таблицу атомныхъ вѣсовъ (стр. 409), мы замѣтимъ, что найденное нами отношеніе кислорода къ водороду (въ водѣ) соотвѣтствуетъ отношенію атомнаго вѣса кислорода къ удвоенному атомному вѣсу водорода. Такимъ образомъ одинъ атомъ кислорода по соединеніи съ двумя атомами водорода даетъ воду. Это условіе мы выражаемъ символомъ H_2O; мы будемъ въ дальнѣйшемъ изложеніи пользоваться этимъ символомъ для обозначенія формулой химическаго продукта — воды.

Теперь мы перейдемъ къ соединеніямъ кислорода съ легкими металлами; мы уже познакомились съ образованіемъ такого кислороднаго іссединенія при сгораніи натрія. Мы найдемъ, что въ водѣ, на которой горѣлъ натрій, растворено вещество, состоящее изъ одной вѣсовой части уничтожившагося натрія, изъ водорода и изъ кислорода. Реакція протекаетъ по такой формулѣ: $Na + H_2O = NaOH + H$. При этомъ получается водная окись натрія (ѣдкій натръ). Если взять вмѣсто натрія, калій, то результатъ получится совершенно тотъ же, и въ водѣ будетъ растворенъ ѣдкій кали KOH. Съ одной вѣсовой частью кислорода всегда соединяются двѣ части другихъ веществъ; никакимъ образомъ нельзя получить такого соединенія, въ которомъ при одной части кислорода было бы меньше, нежели двѣ части калія или натрія.

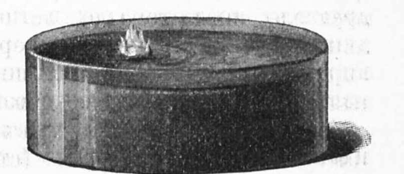


Окисленіе натрія въ водѣ. См. текстъ, стр. 412.

Напротивъ того, если присоединить къ равнымъ частямъ калія, натрія или кислорода еще одну такую часть кислорода, то можетъ возникнуть рядъ новыхъ соединеній. Такимъ образомъ у насъ могутъ быть получены перекиси калія и натрія; называются такъ эти соединенія потому, что въ нихъ содержится больше кислорода, чѣмъ въ соотвѣтственныхъ окисяхъ. Промежуточныхъ соединеній, то есть такихъ, въ составъ которыхъ входили бы дроби атомовъ, не существуетъ. Но при извѣстныхъ условіяхъ, о которыхъ мы будемъ говорить потомъ подробнѣе, къ прежнему числу кислородныхъ атомовъ могутъ присоединиться еще новые, причемъ число атомовъ другихъ элементовъ можетъ оставаться неизмѣннымъ. При этомъ оказывается такого рода особенность: одинъ атомъ кислорода всегда соединяется съ двумя атомами извѣстныхъ элементовъ, принадлежащихъ къ группамъ: водородной, галоидовъ и калія. Но при этомъ можетъ случиться такъ, что два атома кислорода соединятся другъ съ другомъ.

Для того, чтобы яснѣе представить себѣ картину всѣхъ этихъ взаимоотношеній, которая, надо замѣтить, вовсе не выражаетъ истиннаго положенія вещей въ мірѣ молекулъ, ввели понятіе эквивалентности, или значности. Кислородъ имѣетъ, какъ говорятъ, два пая, кислородъ двуэквивалентенъ, двузначенъ. Другими словами, для полученія прочнаго химическаго соединенія, то есть для образованія съ атомами другихъ элементовъ такой молекулы, въ которой внутреннія силы находились бы въ равновѣсіи, кислородъ долженъ присоединить къ себѣ два другихъ пая, причемъ присоединяемымъ элементомъ можетъ быть и самъ кислородъ, его собственные атомы. Эта двузначность кислорода выражается слѣдующимъ символомъ: —O—. Стало быть, въ атомѣ кислорода есть два мѣста соединенія съ другими элементами, два мѣста, въ которыхъ условія особенно благопріятствуютъ соединенію. Если, напримѣръ, мы имѣемъ только одинъ кислородъ, то въ немъ два атома его, соединяясь, образуютъ одну молекулу; символически этотъ процессъ выражается такъ: O=O. Обыкновенно говорятъ, что валентность элемента (число единицъ его сродства) должна быть насыщена; когда такое насыщеніе имѣетъ мѣсто, получающееся при этомъ соединеніе называютъ соединеніемъ насыщеннымъ, въ отличіе отъ соединеній ненасыщенныхъ, которыя не обладаютъ такой устойчивостью.

Химическія формулы приведеннаго нами вида носятъ названіе формулъ „структурныхъ“, формулъ строенія; называютъ ихъ такъ потому, что отчасти онѣ указываютъ на строеніе молекулы. Указанныя нами группы:



Окисленіе натрія въ водѣ.
См. текстъ, стр. 412.

водорода, щелочныхъ металловъ и галоидовъ состоятъ изъ элементовъ однозначныхъ. Формула строенія водорода представится въ видѣ Н—Н, формула строенія калія: К—К. Молекула воды выразится, согласно сказанному, Н—О—Н; окись калія К—О—К. Отъ символически представленнаго атома кислорода всегда проводятъ два штриха, отъ каждаго атома калія идетъ по одному: такъ что въ нашемъ случаѣ всѣ единицы сродства обоихъ элементовъ насыщены.

Всѣ тѣ кислородныя соединенія, въ которыхъ единицы сродства кислороднаго атома насыщаются каждая однимъ только атомомъ присоединяющагося вещества, называются окисями. Но есть такія соединенія, въ которыхъ имѣется и второй атомъ кислорода, химическое сродство, котораго отчасти должно насытиться кислородомъ же, такъ что средняя часть формулы строенія представится въ видѣ: —О—О—. Эти соединенія называются перекисями. Такъ, формула строенія перекиси калія будетъ имѣть слѣдующій видъ: К—О—О—К и потому иначе пишутъ ее не въ видѣ КО, а въ формѣ $K_2 O_2$. То же самое имѣетъ мѣсто и во всѣхъ остальныхъ перекисяхъ. Кромѣ такихъ соединеній, есть еще тріокиси, четвероокиси, пятиокиси и т. д.; названіе указываетъ на число имѣющихся въ каждомъ изъ этихъ соединеній кислородныхъ атомовъ. Если въ соединеніе входитъ меньше кислородныхъ атомовъ (такіе именно окислы встрѣчаются чаще другихъ), то такое соединеніе получаетъ названіе закиси. Группа атомовъ, входящая въ соединеніе съ кислородомъ (или другими элементами), которая не должна, впрочемъ, состоять непремѣнно изъ одного только элемента, носитъ обыкновенно названіе **радикала**; ее обозначаютъ буквой R.

Теперь мы знаемъ, что **элементы, входящіе въ каждую изъ указанныхъ нами группъ, имѣютъ одну и ту же значность**; только нѣсколько веществъ составляютъ исключеніе. Группа водорода, группа галоидовъ и группа калія — однозначны, группы кислорода, кальція, магнія, и свинца — двузначны; въ группахъ алюминія и желѣза имѣются двузначные и трехзначные элементы; группы углерода и олова четырехзначны; наконецъ, группа азота—группа пятизначная. Высшихъ значностей мы не знаемъ.

Мы вкратцѣ охарактеризовали эти отношенія, желая облегчить себѣ дальнѣйшій обзоръ, представляющійся необходимымъ теперь же, еще до того, какъ нами будутъ разобраны вопросы, касающіеся болѣе тѣсныхъ взаимоотношеній между этими новыми явленіями и тѣми, которыя намъ уже извѣстны.

Тѣхъ немногихъ правилъ химическихъ соединеній, съ которыми мы познакомились, достаточно для того, чтобы предсказывать такого рода соединенія, исходя изъ чисто теоретическихъ соображеній; мы имѣемъ полное основаніе думать, что возможныя комбинаціи легко соединяющихся элементовъ имѣются также и въ природѣ или могутъ быть образованы искусственнымъ путемъ. Для примѣра возьмемъ два первыхъ элемента, кислородъ и водородъ: соединеніе ихъ $H_2 O$,—вода, должна носить, если придерживаться строгой химической терминологіи, названіе окиси водорода. Но въ то же время мыслимо и соединеніе вида $H_2 O_2$, то есть **перекись водорода**; въ ея формулѣ строенія Н—О—О—Н, будутъ насыщены всѣ единицы сродства. Такое соединеніе и было образовано. Оно представляетъ изъ себя прозрачную, какъ вода, жидкость, но обладаетъ совершенно иными свойствами, чѣмъ вода; впрочемъ, это видно и изъ ея формулы. Мы уже раньше замѣтили, что лучше всего соединяются другъ съ другомъ тѣ тѣла, которыя обладаютъ по отношенію другъ къ другу наибольшей притягательной силой, наибольшимъ химическимъ сродствомъ; это какъ разъ тѣ вещества, которыя въ нашихъ группахъ отстоятъ другъ отъ друга, какъ можно дальше. Отсюда ясно, что два атома одного и того же вещества будутъ удерживать другъ друга очень слабо. Въ формулѣ Н—О—О—Н, одинъ изъ кислородныхъ атомовъ удерживается только другимъ кислороднымъ атомомъ. Поэтому одинъ изъ этихъ атомовъ легко можетъ отдѣлиться въ томъ случаѣ, когда представится возможность соединиться съ другимъ веществомъ. Такимъ образомъ, перекись водорода, какъ всякая другая перекись, должна окислять вещества, приходящія съ ней въ соприкосновеніе. Въ дѣйствительности такъ и бываетъ. Такъ какъ послѣ выпа-

денія одного кислороднаго атома вмѣсто H_2O_2 получается H_2O, то есть вода, то это соединеніе очень удобно для бѣленія органическихъ веществъ. При примѣненіи перекиси водорода красящія вещества, цвѣтъ которыхъ желаютъ разрушить, соединяются съ отдѣляющимся кислороднымъ атомомъ и даютъ окиси; окись эту легко удалить, и вода, остающаяся послѣ этого бѣлильнаго средства, не дѣйствуетъ разрушительно на ткань, чего, напримѣръ, нельзя сказать о другихъ бѣлильныхъ препаратахъ, напримѣръ, о хлорныхъ соединеніяхъ.

Теперь укажемъ на другой типичный примѣръ возможныхъ комбинацій атомовъ, на такъ называемыя кольцеобразныя соединенія атомовъ. Въ одну молекулу съ насыщеннымъ химическимъ сродствомъ могутъ соединиться не только два кислородныхъ атома, но и три. Формула строенія будетъ выглядѣть въ этомъ случаѣ такъ: $\overset{\diagup O \diagdown}{O - O}$. Соотвѣтствующее этой формулѣ вещество въ природѣ имѣется: это — такъ называемый дѣятельный кислородъ, или озонъ, O_3, который часто появляется во время грозъ, а также при искусственныхъ электрическихъ разрядахъ; о присутствіи его мы узнаемъ по особому, напоминающему фосфоръ запаху. Можно думать, что при этихъ сильныхъ воздѣйствіяхъ электричества часть двойныхъ кислородныхъ атомовъ распадается на простые, которые тотчасъ же соединяются съ оставшимися нетронутыми двойными атомами. Все сказанное убѣждаетъ насъ въ томъ, что это соединеніе должно оказаться весьма непрочнымъ. Озонъ очень легко самъ собой можетъ превращаться въ обыкновенный кислородъ; при этомъ вмѣсто двухъ молекулъ озона мы получаемъ три молекулы кислорода. Озонъ дѣйствуетъ окисляющимъ образомъ еще сильнѣе кислорода и потому разлагаетъ органическія вещества: онъ разбиваетъ существующія уже соединенія и образуетъ съ оставшимися цѣлыми радикалами новые окислы. Въ силу этого свойства онъ очищаетъ воздухъ отъ микроорганизмовъ, которые, по большей части, причиняютъ намъ вредъ, и въ этомъ смыслѣ онъ дѣйствуетъ оздоровляющимъ образомъ; дѣйствіе его при прямомъ вдыханіи не такъ полезно. Въ воздухѣ всегда содержится извѣстное количество озона; замѣчено, что внѣ городовъ, вообще внѣ тѣхъ мѣстъ, гдѣ находится много болезнетворныхъ зародышей, озона гораздо больше: на умерщвленіе зародышей тратится часть озона, — онъ ими поглощается. Отношеніе плотностей озона и обыкновеннаго кислорода равно 3:2, что соотвѣтствуетъ числу атомовъ въ ихъ молекулахъ.

Есть еще другіе элементы, образующіе такія аллотропическія видоизмѣненія; подъ именемъ аллотропическихъ видоизмѣненій подразумѣваются такого рода различныя формы, принимаемыя однимъ и тѣмъ же элементомъ или однимъ и тѣмъ же соединеніемъ при сохраненіи въ то же время одного и того же аггрегатнаго состоянія. Во всякомъ случаѣ, различныя дѣйствія такихъ, въ сущности одинаковыхъ, отличныхъ только по строенію своихъ молекулъ веществъ, показываютъ намъ, что тутъ обусловливаетъ различныя свойства ихъ не внутреннее различіе матеріи, а только одна группировка атомовъ. Потомъ мы увидимъ, въ какой мѣрѣ можно будетъ обобщить это положеніе, соотвѣтствующее нашимъ основнымъ воззрѣніямъ на природу всѣхъ дѣйствующихъ силъ.

Изъ очень большого числа извѣстныхъ въ наукѣ окисловъ мы выберемъ только тѣ, которые потомъ представятъ для насъ особый интересъ, или тѣ, которые общеизвѣстны, такъ что идущій у насъ теперь обзоръ соединеній во всякомъ случаѣ на полноту не претендуетъ. Кислородъ вступаетъ въ соединеніе съ родственной ему сѣрой, которая немного сходна съ нимъ и въ химическомъ отношеніи, SO_2, двуокись сѣры представляетъ собой безводную сѣрнистую кислоту, SO_3 триокись сѣры есть не что иное, какъ безводная сѣрная кислота. Это соединеніе имѣетъ видъ шелковистыхъ иголъ; кристаллы его чрезвычайно легко расплываются въ воздухѣ, они впитываютъ въ себя при этомъ изъ воздуха содержащуюся въ немъ воду. Такого рода вещества носятъ названіе гигроскопическихъ. Съ водой это SO_3 вступаетъ въ дальнѣйшее соединеніе, а именно: изъ SO_3+H_2O получается новое жидкое вещество H_2SO_4; иначе го-

воря, мы получаемъ изъ сѣрнаго ангидрида сѣрную кислоту, въ собственномъ смыслѣ этого слова; обыкновенно эту жидкость такъ и называютъ сѣрной кислотой. Что тутъ мы имѣемъ дѣло не съ однимъ только простымъ раствореніемъ сѣрнаго ангидрида въ водѣ, видно уже изъ того, что при этомъ соединеніи выдѣляется большое количество тепла и что однимъ выпариваніемъ отдѣлить сѣрный ангидридъ отъ воды уже не удается. Въ жидкой сѣрной кислотѣ мы имѣемъ примѣръ тройного соединенія; формула строенія его будетъ $S\begin{matrix}-O-O-H\\-O-O-H\end{matrix}$.

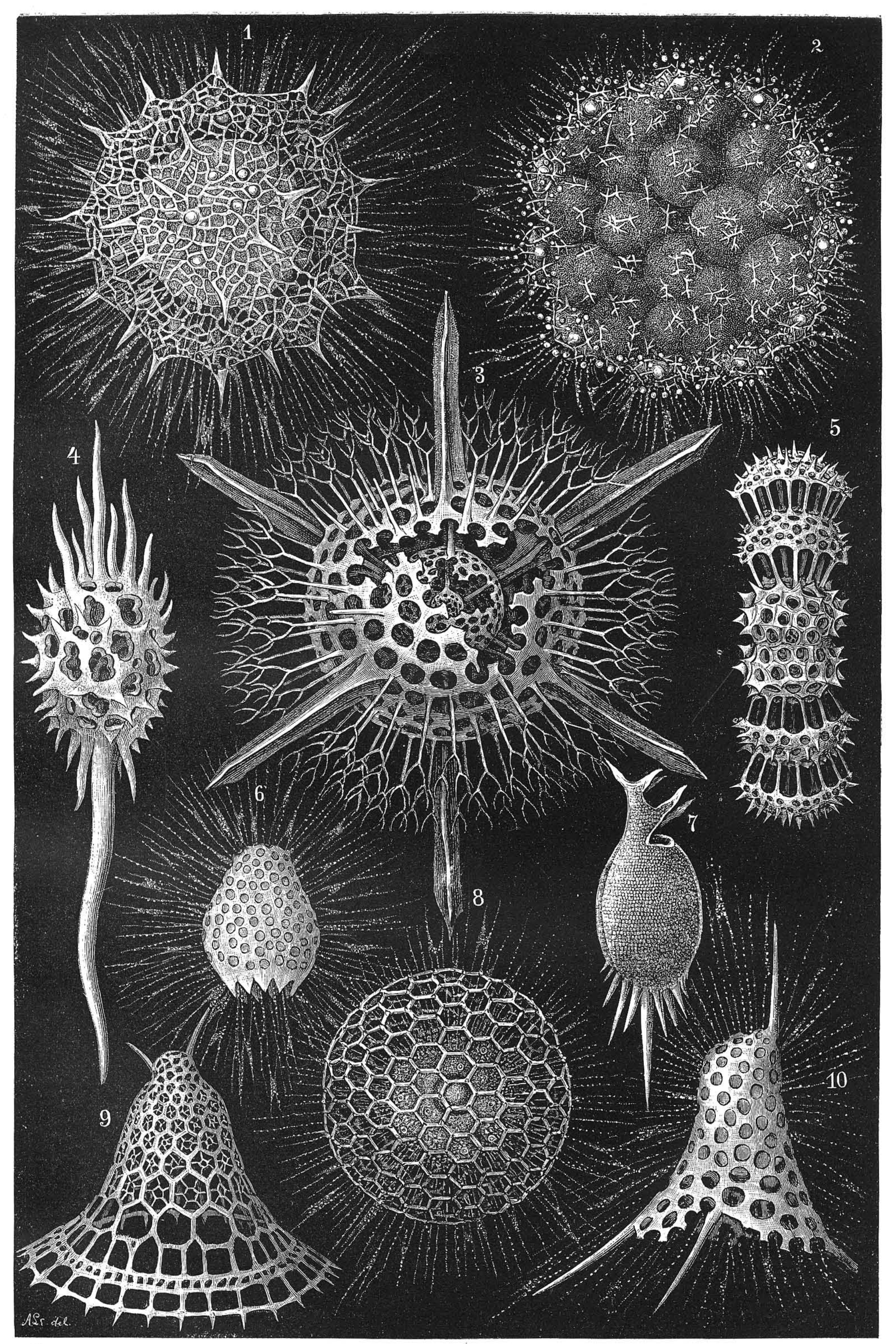
Кислотами мы называемъ нѣкоторые высшіе окислы, которые легко отдаютъ избытокъ своего кислорода и которые потому съ особенной легкостью могутъ образовывать другіе окислы. Такъ, напримѣръ, извѣстные метталлы растворяются въ сѣрной кислотѣ; предварительно они превращаются въ соотвѣтственные металлическіе окислы. Всѣ легкіе металлы и группа желѣза растворимы въ сѣрной кислотѣ, группы свинца и олова, наоборотъ, въ ней не растворяются. Такимъ образомъ, свинца, серебра, олова, золота и платины сѣрная кислота не разъѣдаетъ.

Еще болѣе сильную кислоту представляетъ изъ себя соединеніе кислорода съ трехзначнымъ азотомъ, кислота азотная — N_2O_5. Въ жидкомъ состояніи она существуетъ только въ видѣ гидрата, то есть въ видѣ химическаго соединенія съ водой; формула ея въ этомъ случаѣ напишется такъ: $N_2O_5+H_2O=2\ NHO_3$ или, если взять формулу строенія, то будемъ имѣть $2\times H-O-N\begin{matrix}=O\\=O\end{matrix}$. Азотная кислота разъѣдаетъ всѣ металлы, за исключеніемъ группы олова (само олово занимаетъ, впрочемъ, положеніе промежуточное); итакъ, азотная кислота дѣйствуетъ на серебро, но не разъѣдаетъ золота и такъ какъ при помощи ея можно отдѣлить другъ отъ друга эти благородные металлы, то ее, по нѣмецки, называютъ также Scheidewasser. Азотистая кислота N_2O_3, если оставить въ сторонѣ вопросъ о вѣсовыхъ отношеніяхъ, имѣетъ составъ, совершенно сходный съ составомъ обыкновеннаго атмосфернаго воздуха, когда онъ очищенъ отъ всякихъ другихъ примѣсей. Эта низшая кислота бразуется поэтому въ небольшихъ количествахъ, наряду съ озономъ, при сильныхъ сотрясеніяхъ, обусловливаемыхъ грозовыми разрядами. Азотная кислота образуется также при разложеніи азотосодержащихъ веществъ животнаго происхожденія; далѣе затѣмъ вытѣсненіе натріемъ или каліемъ одной части водорода даетъ селитру, которая извѣстна также въ видѣ минерала, такъ называемой чилійской селитры ($NaNO_3$).

Прочіе элементы группы азота, а именно фосфоръ, мышьякъ и т. д., наряду съ другими окислами, образуютъ и кислоты.

Изъ соединеній четырехатомной группы углерода упомянемъ только объ окиси углерода CO; это тотъ извѣстный ядовитый газъ, который получается при неполномъ сгараніи угля; въ этомъ случаѣ только одинъ атомъ двуатомнаго кислорода можетъ соединиться съ атомомъ четырехэквивалентнаго углерода. О значеніи углекислоты въ обиходѣ природы намъ придется говорить еще много.

Къ группѣ углерода принадлежитъ также кремній, который, несмотря на все свое внѣшнее несходство съ углеродомъ, съ химической точки зрѣнія обладаетъ тѣми же свойствами, что и углеродъ. Соединеніе SiO_2 мы называемъ кремнекислотой, хотя бы оно представляло изъ себя тѣло твердое, совершенно безразличное ко всѣмъ химическимъ воздѣйствіямъ, это именно кремень. То обстоятельство, что такое необычайно трудно плавящееся соединеніе имѣетъ тѣ же свойства, что и вещество, постоянно пребывающее въ газообразномъ состояніи, помимо прямого интереса, должно наводить насъ на рядъ интересныхъ соображеній относительно различныхъ возможностей развитія міра. Это особенно важно въ виду того, что основное вещество одного соединенія, углеродъ, своей неистощимой способностью къ комбинаціямъ, вызвало на свѣтъ весь разнообразный органическій міръ, соединенія же кремнія, какъ главная составная часть земной коры и сотенъ различныхъ минераловъ, занимаютъ то же положеніе по отношенію къ природѣ мертвой. Мы можемъ себѣ представить, что въ другомъ мірѣ, въ которомъ средняя температура выше нашей на нѣсколько ты-



Жизнь природы. Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

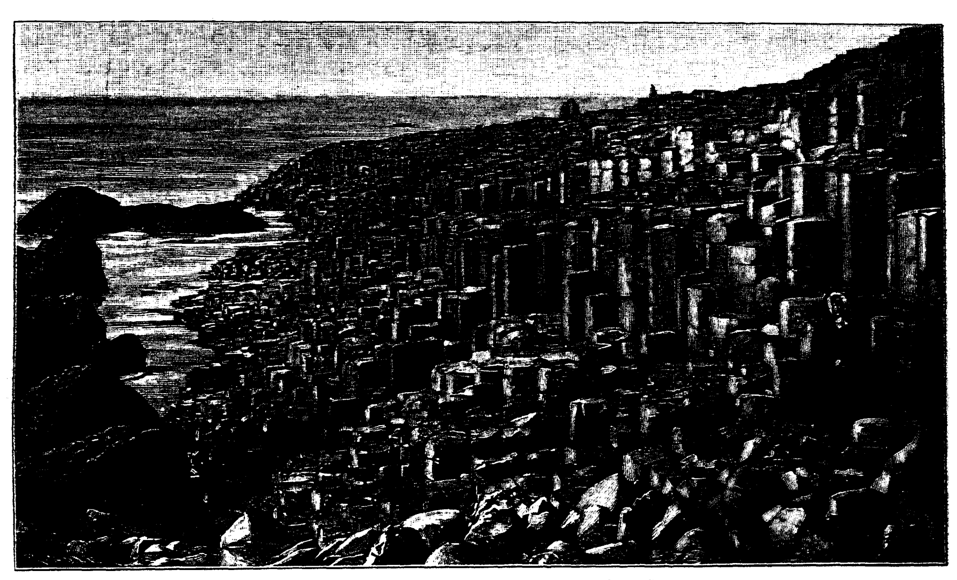
Радіоляріи.

1. Rhizosphaera leptomita. — 2. Sphaerozoum Ovodimare. — 3. Acinomma drymodes. — 4. Lithomespilus flammabundus. — 5. Ommatocampe nereides. — 6. Carpocanium Diadema. — 7. Challengeron Willemoesii. — 8. Heliosphaera inermis. — 9. Clathrocyclas Ionis. — 10. Dictyophimus Tripus.

сячъ градусовъ, кремній могъ бы быть матеріальной основой органическаго міра иного вида; для него кремній былъ бы тѣмъ же, что для насъ углеродъ.

На особомъ приложеніи (къ этой стр.) у насъ изображены нѣсколько такихъ красивыхъ панцырей. Скелетъ губокъ построенъ также изъ кремнія, а также нѣкоторыя растенія пользуются имъ для того, чтобы придать своимъ тканямъ большую твердость. Постоянно выбрасываемые моремъ кремніевые панцыри умершихъ діатомовыхъ водорослей образуютъ почти цѣликомъ тѣ значительные осадки на днѣ морей, тѣ послѣднія отложенія каменныхъ породъ „органическаго происхожденія“, которыя можно сравнить съ мѣловыми отложеніями третичной эпохи; часто вся почва состоитъ изъ такихъ именно умершихъ діатомовыхъ водорослей; на такого рода почвѣ стоитъ почти весь Берлинъ.

Въ мертвой природѣ кремнекислота въ соединеніи со многими другими веществами даетъ наиболѣе красивые драгоцѣнные камни послѣ алмаза, этого

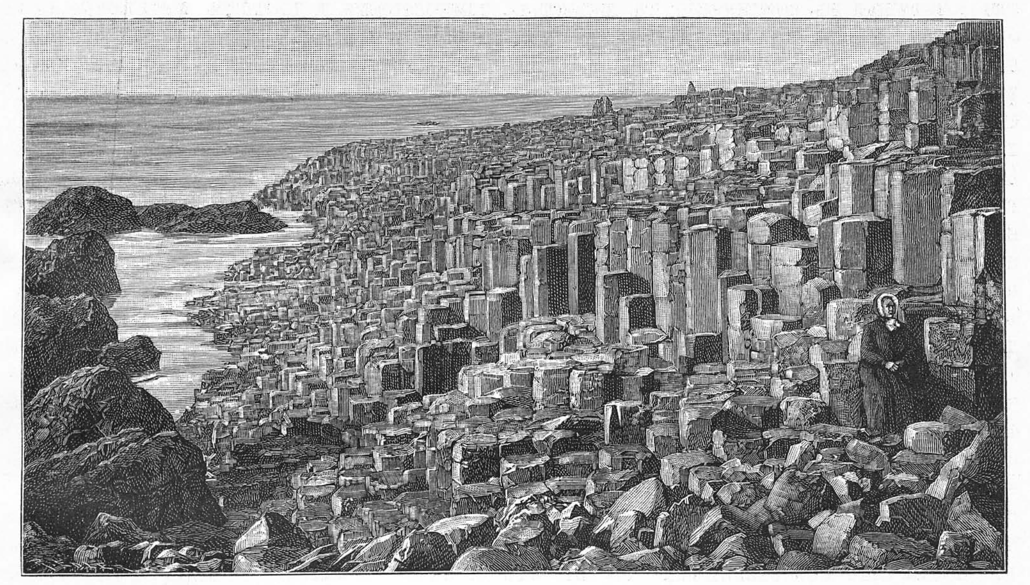


Базальтовые столбы въ сѣверной Ирландіи. См. текстъ, ниже.

кристаллизовавшагося углерода; кромѣ того, такія соединенія кремнія образуютъ множество другихъ не столь дорогихъ, обыкновенныхъ породъ. Нѣкоторые изъ этихъ силикатовъ уже у насъ были названы.

Гранитъ—это та твердая кристаллическая порода, которая лежитъ подъ всѣми другими породами; онъ состоитъ въ значительной мѣрѣ изъ кварца, изъ чистой кремнекислоты; серпентинъ, талькъ и пѣнка образованы изъ кремнія и магнія. Въ оливинѣ мы имѣемъ смѣсь силикатовъ магнія и желѣза. Авгитъ представляетъ собой сложный силикатъ кальція и магнія. Благородный топазъ состоитъ изъ алюминія, желѣза и кремнія. Смарагдъ—изъ алюминія, берилія и кремнія. Полевые шпаты представляютъ собой алюминіевые силикаты, но, кромѣ того, въ нихъ содержатся окислы калія, натрія и извѣсть; фарфоровая глина обязана своимъ происхожденіемъ вывѣтриванію кристаллическаго полевого шпата. Къ точно такого же рода силикатамъ принадлежитъ и базальтъ, который иногда встрѣчается въ формѣ столбовъ, точно обточенныхъ рукой человѣка (см. рисунокъ, пом. выше).

Извѣстный камень лаписъ-лазури представляетъ собой алюминіевонатріевый силикатъ, въ которомъ, кромѣ того, содержится небольшое количество сѣры. Алюминіевый силикатъ есть также и гранатъ; въ немъ есть, кромѣ того, желѣзо или марганецъ и кальцій.



Базальтовые столбы въ сѣверной Ирландіи. См. текстъ, ниже.

Турмалинъ, съ которымъ мы производили много опытовъ, по большей части, ничто иное, какъ силикатъ бора; кромѣ того, существуютъ силикаты цинка, мѣди, висмута и т. п. Далѣе, къ силикатамъ принадлежатъ: агатъ, яшма, ониксъ, геліотропъ, опалъ, аметистъ. Рядъ такихъ благородныхъ силикатовъ изображенъ у насъ въ краскахъ на приложеніи къ этой стр: „Драгоцѣнные камни". Тѣ окаменѣлости, въ видѣ которыхъ сохранились до нашего времени первобытныя растенія и животныя, представляютъ собой органическіе остатки, пропитанные кремнекислотой. Значительныя отложенія кремнія можно наблюдать также возлѣ многихъ гейзеровъ (см. рисунокъ на стр. 159); столь важное для естествоиспытателей стекло представляетъ собой искусственный силикатъ. Одну часть этого соединенія составляетъ такъ называемое жидкое стекло; свое названіе оно получило отъ того, что растворяется въ водѣ и въ этомъ видѣ можетъ вступить въ ту или иную химическую реакцію. Жидкое стекло получается путемъ сплавленія кремнекислоты (песка) съ поташемъ или содой (калій или натрій). Это легко растворимое вещество, вступая въ соединеніе съ известью, глиноземомъ и другими металлическими окислами, даетъ стекло, на которое химическіе препараты уже почти совсѣмъ не дѣйствуетъ. Есть стекло алюминіевое, стекло желѣзное, мѣдное, свинцовое, урановое, золотое и т. д. Равнымъ образомъ всѣ кислоты, даже тѣ, которыя дѣйствуютъ на благородные металлы, на золото и платину, не дѣйствуютъ на стекло; исключеніе составляетъ лишь фтористоводородная кислота (плавиковая кислота). Металлическія примѣси обусловливаютъ тѣ или иныя оптическія свойства стекла, ту или иную его окраску. Обыкновенное стекло представляетъ собой силикатъ натрія и кальція; оно идетъ на изготовленіе разнаго рода стеклянныхъ издѣлій, посуды, оконныхъ стеколъ и т. п.; плавится оно сравнительно легко. Употребляющійся въ оптикѣ кронгласъ есть не что иное, какъ силикатъ калія и кальція; тяжелый флинтгласъ, стекло, которое вмѣстѣ съ кронгласомъ представляетъ наилучшій матеріалъ для изготовленія ахроматическихъ линзъ, есть каліевосвинцовый силикатъ; примѣшивая сюда еще нѣкоторое болѣе или менѣе значительное количество кальція, мы будемъ получать сорта съ тѣми или иными оптическими свойствами. Поддѣльные драгоцѣнные камни, въ составъ которыхъ входитъ всегда и стекло, такимъ образомъ въ сущности состоятъ изъ тѣхъ же самыхъ соединеній, что и настоящіе; къ сожалѣнію, мы не въ состояніи выкристаллизовать получающіеся у насъ стеклянные сплавы такъ, какъ они выкристаллизовываются въ природѣ; вотъ почему искусственные драгоцѣнные камни не обладаютъ той степенью твердости, что естественные. То же самое надо сказать и о кристаллическомъ углеродѣ, объ алмазѣ: матеріалъ, изъ котораго онъ состоитъ, почти ничего не стоитъ; драгоцѣннымъ становится онъ только благодаря той таинственной силѣ, которая группируетъ его молекулы въ извѣстныя намъ чудесныя по своей правильности формы.

Настоящее стекло встрѣчается и въ природѣ; эти скопленія стекла въ природѣ имѣютъ видъ прямо таки величественный. На рисункѣ, помѣщенномъ на стр. 419, изображены замѣчательные обсидіановые утесы въ Іеллоустонскомъ паркѣ (Скалистыя горы), на которыхъ лава, ея стекловатые шлаки, выкристаллизовались въ видѣ блестящихъ великолѣпныхъ черныхъ пятисторонныхъ столбовъ, совершенно такихъ же, какъ столбы базальтовые. Весь путь, пролегающій по этимъ скаламъ изъ чернаго стекла, покрытъ острыми осколками, изъ которыхъ раньше индѣйцы изготовляли наконечники стрѣлъ и ножи. Обсидіанъ представляетъ собой алюминіево-желѣзное стекло.

Объ окислахъ легкихъ металловъ мы говорили уже не разъ. Мы знаемъ окислы K_2O и Na_2O,—ѣдкій кали и ѣдкій натръ. MgO представляетъ собой извѣстную магнезію, или горькоземъ; сода (Na_2CO_3) есть не что иное, какъ углекислая соль окиси натрія: химически соединенный съ водой $CaCO_3$ представляетъ изъ себя известь, которая залегаетъ въ земной корѣ большими пластами. Въ обыкновенной водѣ известь не растворяется; она растворяется лишь въ водѣ, содержащей угольную кислоту. Такъ какъ вода большинства горныхъ источниковъ содержитъ всегда довольно значительное количество угольной кислоты, то

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Драгоцѣнные камни.

Рис. съ нат. *Теод. Альфонсъ.*



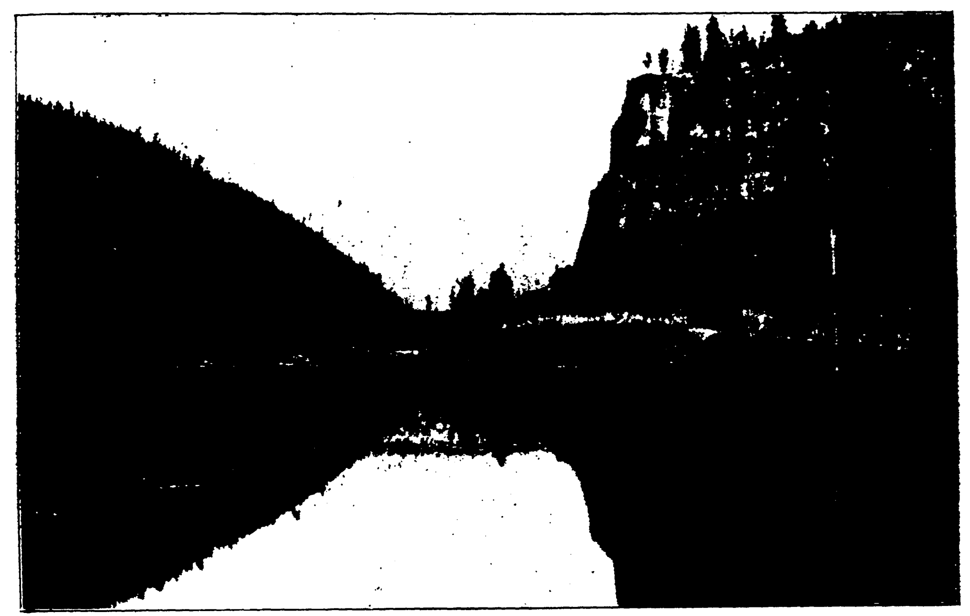
Природа и ея силы.

Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Драгоцѣнные камни.

Рис. съ нат. *Теод. Альфонсъ.*

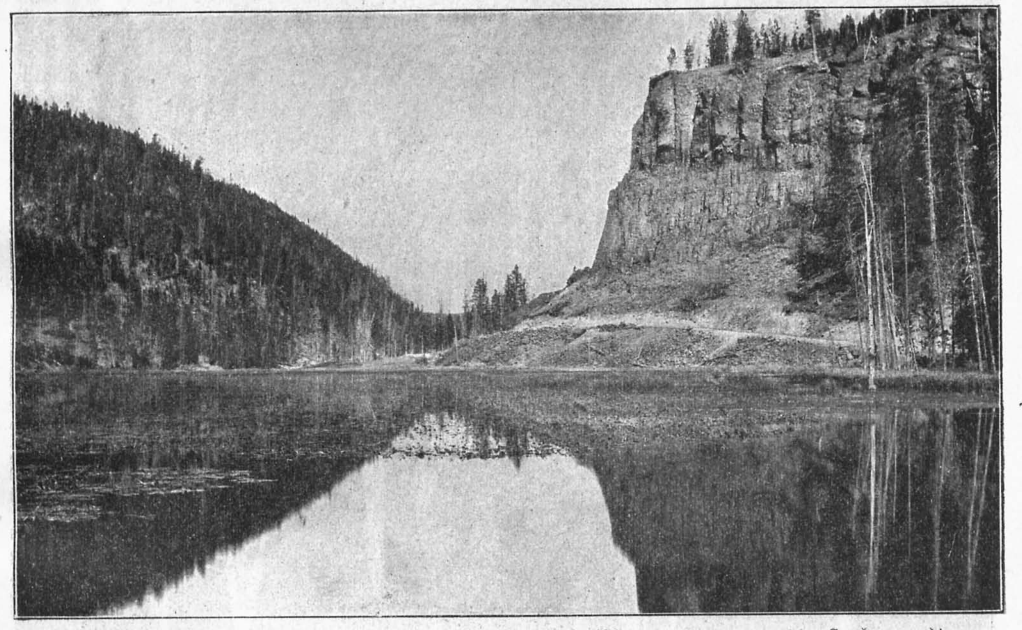
она растворяетъ встрѣчающуюся ей по пути подъ землей известь; такую воду, обогатившуюся известью, на обыденномъ языкѣ называютъ жесткой водой; кипяченіемъ ее можно сдѣлать мягкой: кипяченіе выгоняетъ углекислоту, а вмѣстѣ съ ней и известь. Минеральная вода, сильно насыщенная углекислотой, теряетъ избытокъ ея тотчасъ же по выходѣ на воздухъ: при этомъ известь отлагается. Такимъ путемъ образовались отложенія около Шпруделя (Карлсбадъ), такимъ путемъ создались сталактитовыя пещеры; видъ одной изъ такихъ пещеръ изображенъ у насъ на стр. 420. Известковый шпатъ, которымъ мы такъ много занимались въ виду его исключительной способности производить двойное преломленіе, есть не что иное какъ углекислый кальцій; это кристаллическая форма мрамора, который имѣетъ тотъ же химическій составъ; одинаковымъ съ ними химическимъ составомъ обладаетъ мѣлъ, который, какъ извѣстно, состоитъ изъ панцырей микроскопическихъ организмовъ. Доломитовый известнякъ представляетъ собой углекислую соль кальція и магнія, $CaMgCO_3$. О глиноземѣ, Al_2O_3, мы говорили уже много разъ; у насъ указанъ рядъ его соединеній съ кремніемъ и кремнекислотой.



Обсидіановые утесы въ Іеллоустонскомъ паркѣ (Сѣверная Америка). Съ фотографіи. См. текстъ, стр. 418.

Мы уже говорили, что выдѣлить алюминій изъ этого соединенія чрезвычайно трудно; благодаря этому алюминій, который имѣется въ аллювіальныхъ наносахъ чуть не на каждомъ шагу, былъ открытъ лишь въ 1827. Его открылъ Вёлеръ. Прочіе легкіе металлы выдѣляются изъ кислородныхъ соединеній, въ видѣ которыхъ они встрѣчаются въ природѣ, также съ трудомъ. Вотъ почему ѣдкій кали, ѣдкій натръ, известь считались долго простыми веществами; только въ 1807 и 1808 году Деви съ большимъ трудомъ удалось выдѣлить калій, натрій, кальцій, барій, стронцій и магній изъ окисловъ этихъ металловъ.

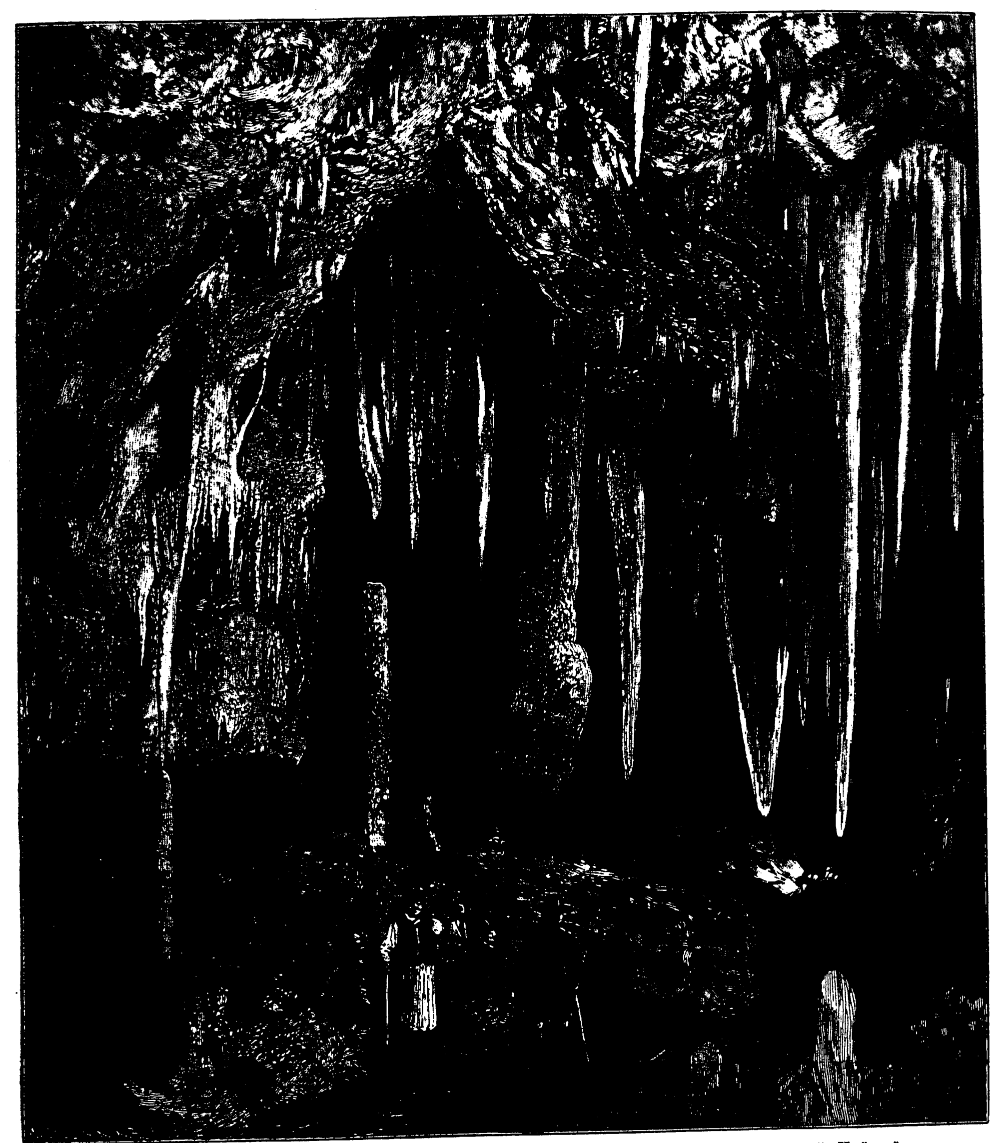
Чѣмъ дальше отъ начала стоятъ элементы, расположенные нами въ извѣстной послѣдовательности (на стр. 410), тѣмъ меньше способны они, какъ оказывается, къ окисленію, тѣмъ легче отдаютъ они, стало быть, свой кислородъ. Такимъ образомъ при нашемъ планѣ группировки, элементы образуютъ по своимъ свойствамъ какъ бы кольцо: тѣ элементы, что стоятъ въ концѣ и началѣ этой системы, оказывается, не только не обладаютъ противоположными химическими



Обсидiановые утесы въ Iеллоустонскомъ паркѣ (Сѣверная Америка). Съ фотографiи.
См. текстъ, стр. 418.

свойствами, но, наоборотъ, проявляютъ все большее и большее сходство, и въ силу того этого химическое сродство ихъ соотвѣтственнымъ образомъ ослабѣваетъ.

Желѣзо можетъ образовать еще бóльшій рядъ окисловъ, чѣмъ предшествовавшіе элементы. Обыкновенная ржавчина представляетъ собой закись желѣза,

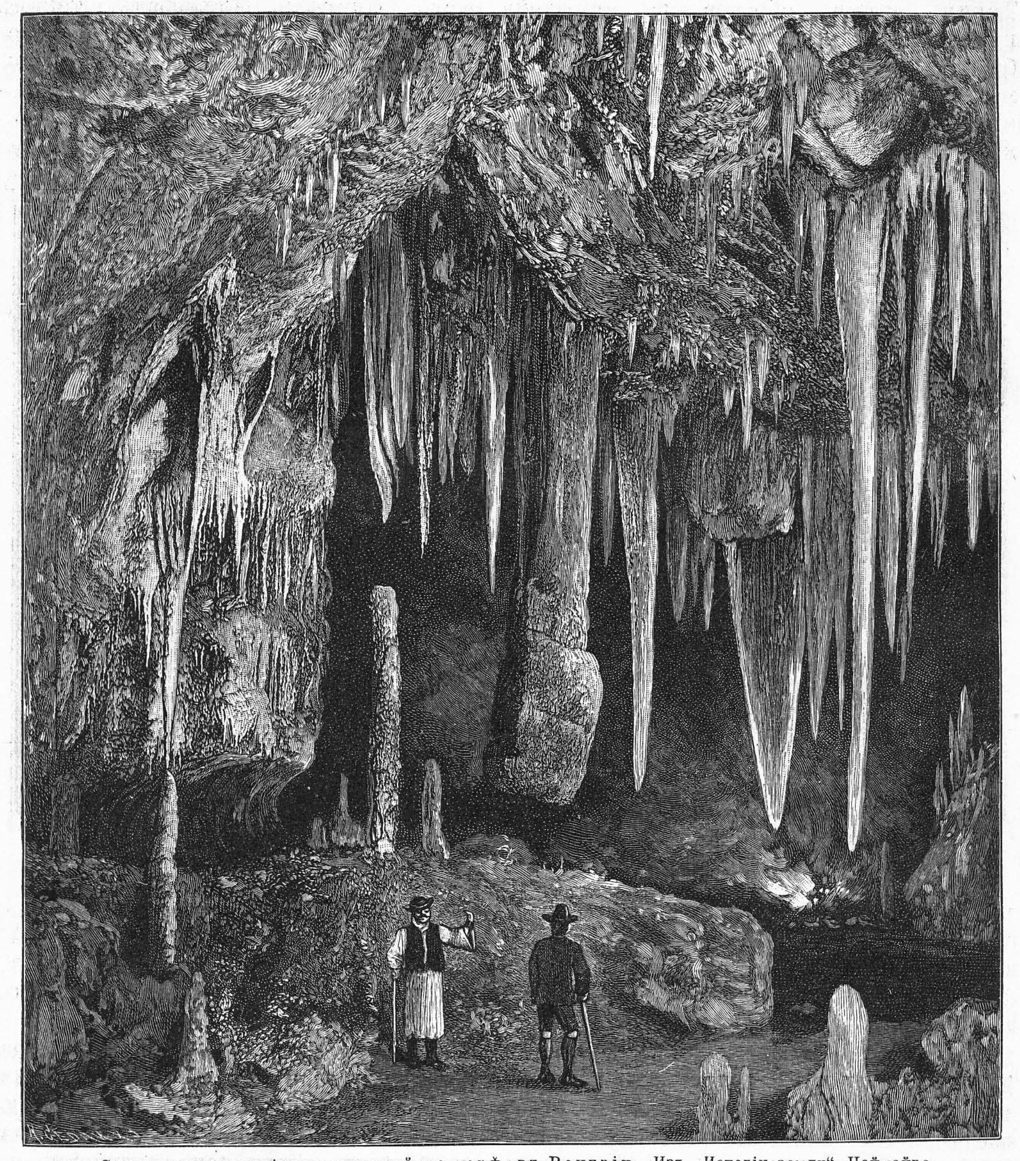


Сталактиты въ Аггтелекской пещерѣ, въ Венгріи. Изъ „Исторіи земли", Неймайра. См. текстъ, стр. 419.

FeO. Изъ окиси желѣза, Fe_2O_3, состоитъ большая часть земной коры; какъ показываетъ спектроскопъ, желѣзо является во вселенной однимъ изъ наиболѣе распространенныхъ элементовъ.

Минералъ желѣзный блескъ представляетъ собой безводную окись желѣза, равно какъ и красная желѣзная руда. Бурый желѣзнякъ представляетъ изъ себя желѣзную окись съ химически присоединенной къ ней водой.

Магнитный желѣзнякъ очень сходенъ по составу съ обыкновенной



Сталактиты въ Аггтелекской пещерѣ, въ Венгріи. Изъ „Исторіи земли“, Неймайра.
См. текстъ, стр. 419.

ржавчиной. Его формула имѣетъ такой видъ $FeO . Fe_2O_3$; тутъ, стало быть, кромѣ закиси желѣза, еще есть и окись желѣза. F_2O_3.

Въ составъ почти всѣхъ желѣзныхъ рудъ входятъ окислы другихъ металловъ группы желѣза, окислы кобальта, никкеля и хрома. Сидеритъ, или шпатовый желѣзнякъ есть не что иное, какъ углекислая окись желѣза, $FeCO_3$; залежи его огромны. Наибольшей извѣстностью пользуются рудники Эрцберга въ Эйзенерцѣ (въ Штиріи), гдѣ уже болѣе двухъ тысячъ лѣтъ ведется добываніе этого полезнаго металла. Для этого руду смѣшиваютъ съ такъ называемыми



Террасообразная выработка на Эйзенерцѣ въ Эрцбергѣ. Изъ „Исторіи земли", Неймайра. См. текстъ выше.

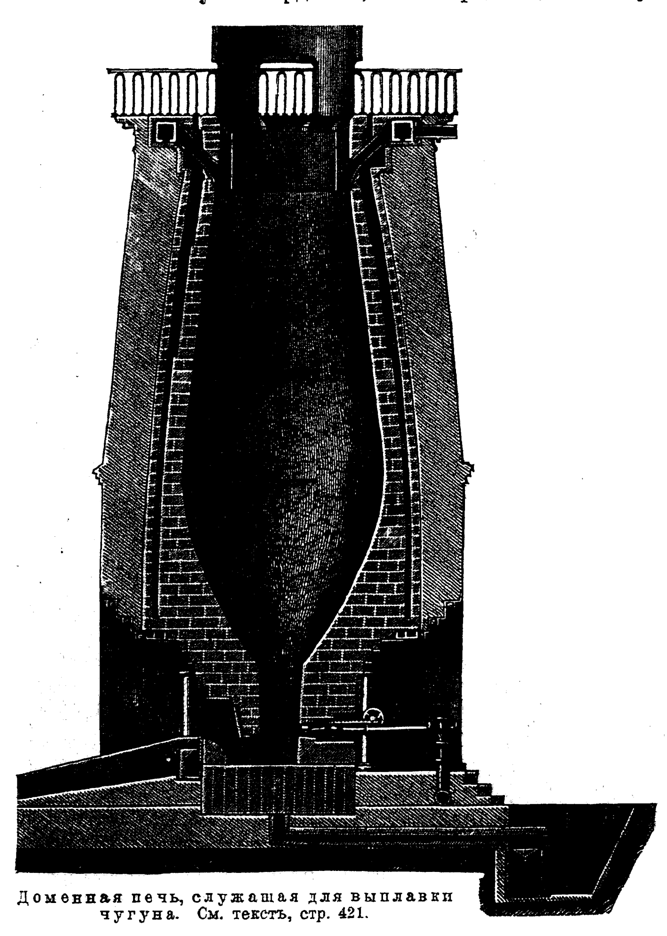
плавнями, перекладывая ее слоями угля и затѣмъ подвергаютъ нагрѣванію въ доменныхъ печахъ. Уголь отнимаетъ у руды ея кислородъ и, вступивъ съ нимъ въ соединеніе, образуетъ двуокись углерода, или углекислоту. Кислородъ обладаетъ по отношенію къ углероду большимъ сродствомъ, чѣмъ по отношенію къ желѣзу. Металлъ, вытекающій изъ доменной печи внизу (см. рисунокъ на стр. 422), находясь въ состояніи плавленія, стало быть, очень сильно нагрѣтый, тотчасъ же безъ труда присоединилъ бы къ себѣ кислородъ. Чтобы предотвратить это, къ желѣзу прибавляютъ плавней; они состоятъ изъ землистыхъ веществъ, которыя образуютъ на расплавленномъ желѣзѣ пленку изъ плавающихъ шлаковъ; благодаря этому, воздухъ не имѣетъ доступа къ металлу. Получающійся такимъ путемъ чугунъ содержитъ отъ 2—5 процентовъ углерода, и, кромѣ того, такія примѣси, какъ кремній и фосфоръ, которые отдѣляются отъ чугуна лишь съ большимъ трудомъ; въ этомъ видѣ онъ употребляется для отливки разнообразныхъ предметомъ. Полосовое желѣзо должно быть сво-



Террасообразная выработка на Эйзенерцѣ въ Эрцбергѣ. Изъ „Исторіи земли“, Неймайра.
См. текстъ выше.

бодно отъ этихъ примѣсей, дѣлающихъ металлъ твердымъ и хрупкимъ. Чтобы очистить это желѣзо, его переплавляютъ при полномъ и обильномъ доступѣ воздуха, который образуетъ съ углемъ и остальными примѣсями летучіе окислы. Благодаря этому, полосовое желѣзо становится мягкимъ и сварочнымъ.

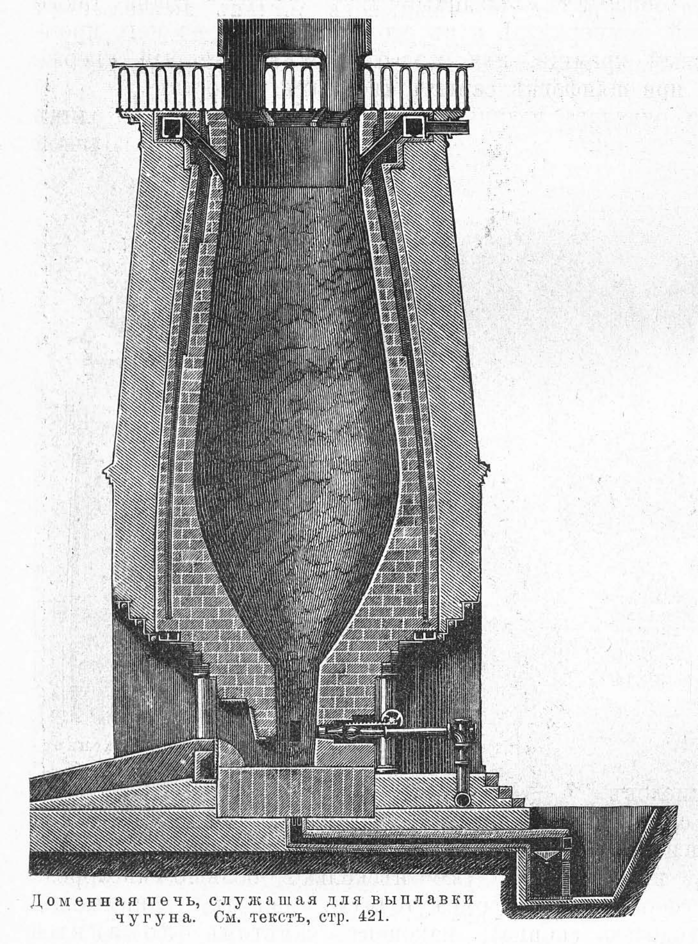
Сталь представляетъ собой желѣзо, доведенное до возможной степени чистоты, съ небольшимъ содержаніемъ (до 1 процента) углерода, который сообщаетъ ей ея особенную твердость; по твердости, сталь уступаетъ только рѣдкому элементу иридію, алмазу и двумъ искусственно получаемымъ соединеніямъ — карбидамъ кремнія и бора.



Доменная печь, служащая для выплавки чугуна. См. текстъ, стр. 421.

Сталь можно изготовлять изъ чугуна разными способами, въ томъ числѣ при помощи процесса бессемерованія. При изготовленіи стали по этому способу вдуваютъ при помощи сильнаго мѣха сильную воздушную струю; всѣ вредныя примѣси выгараютъ; развивается такая огромная температура, что даже сталь накаливается до бѣлаго каленія, до наивысшихъ его степеней, и въ этомъ расплавленномъ видѣ и остается. Температура металла доходитъ при этомъ до 2000°. Сосуды, которыми пользуются при бессемерованіи, такъ называемыя бессемеровы груши (рис., стр. 423) внутри выложены огнеупорнымъ матеріаломъ, который отчасти поглощаетъ примѣси и образуетъ вмѣстѣ съ ними содержащіе фосфоръ шлаки, которые подъ именемъ фосфатовъ примѣняются въ сельскомъ хозяйствѣ. Эти бессемеровы реторты (конверторы) содержатъ до 160 центнеровъ расплавленной стали. Чтобы получить такую сталь надо прежде всего извлечь изъ обыкновеннаго чугуна его углеродъ. Этотъ процессъ обезугливанія въ настоящее время контролируется при помощи спектроскопа; выходящіе изъ металла газы изслѣдуются спектроскопически. Послѣ того какъ изъ металла будетъ выведенъ весь углеродъ, въ него вводятъ снова извѣстный процентъ этого элемента, и такимъ образомъ сталь пріобрѣтаетъ тѣ свойства, которыя ставятъ ее между богатымъ углеродомъ чугуномъ и совершенно обезуглероженнымъ полосовымъ желѣзомъ.

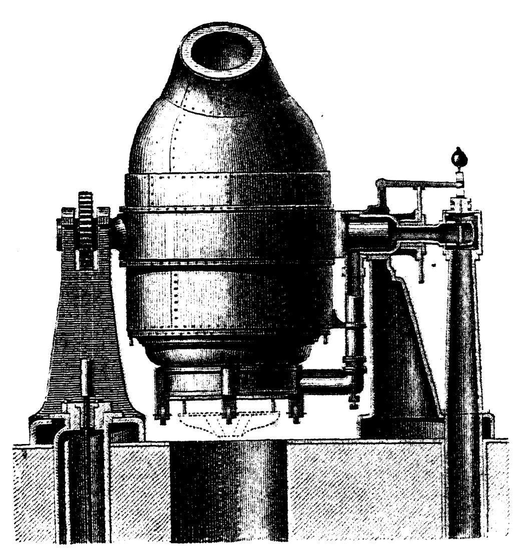
Чугунъ и сталь представляютъ собой не простыя смѣси желѣза и углерода, а настоящія химическія соединенія, такъ называемые карбиды. Пользуясь этимъ случаемъ, отмѣтимъ тотъ фактъ, что такія свободныя отъ кислорода соединенія углеродъ образуетъ и съ другими элементами; по большей части, для полученія ихъ требуются такія же высокія температуры, какъ и для полученія стали. Въ настоящее время для образованія карбидовъ пользуются такъ называемыми электрическими печами: въ этихъ печахъ между углями извѣстнаго рода дуговой



Доменная печь, служащая для выплавки чугуна. См. текстъ, стр. 421.

лампы, устроенной соотвѣтственнымъ образомъ, проходитъ токъ въ нѣсколько тысячъ амперовъ; такимъ путемъ получаются наиболѣе высокія изъ доступныхъ намъ до сихъ поръ температуръ. Въ этихъ электрическихъ печахъ изготовляется также и кальцій-карбидъ, препаратъ, въ послѣднее время получившій широкое распространеніе. Кальцій-карбидъ обладаетъ свойствомъ давать въ соединеніи съ водой ацетиленъ, газъ, горящій ослѣпительно бѣлымъ пламенемъ: кальцій этого карбида вступаетъ въ соединеніе съ кислородомъ воды и даетъ известь, CaO, а углеродъ и водородъ образуютъ сказанный газъ C_2H_2. Точно также соединяется углеродъ при этой температурѣ и съ столь похожимъ на него кремніемъ; образуется углеродистый кремній, или карборундъ, который тверже стали и потому примѣняется при шлифовкѣ самыхъ твердыхъ веществъ.

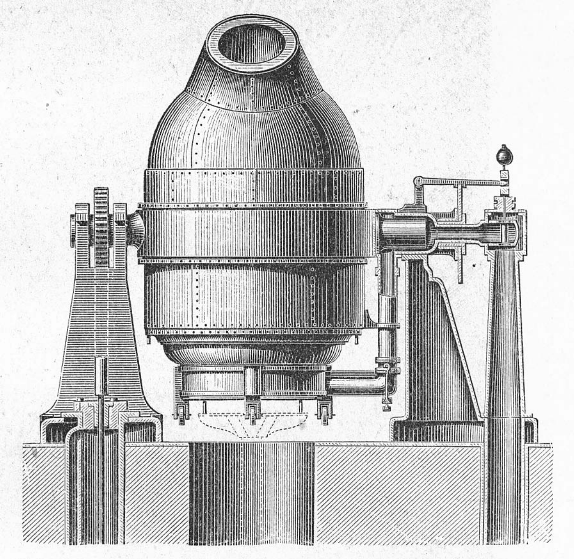
Пропустивъ цѣлый рядъ окисловъ группы желѣза, укажемъ только на одинъ изъ окисловъ урана, который встрѣчается въ природѣ въ видѣ урановой смоляной руды; это та самая порода, которая, благодаря открытію въ ней радіоактивныхъ веществъ, пріобрѣла въ послѣднее время большую извѣстность. Урановая руда представляетъ собой урановокислую закись урана $3UO_2 + 2UO_3$. Какъ мы уже говорили, въ ней содержится много разнообразныхъ примѣсей, въ числѣ которыхъ скрывается и вновь открытый радіоактивный элементъ радій.


Изготовленіе стали. Бессемерова груша (конверторъ). См. текстъ. стр. 422.

Кромѣ того, надо назвать еще перекись марганца, MnO_2. Она представляетъ собой главную составную часть такъ называемаго браунита; при простомъ нагрѣваніи она отдаетъ одну часть своего кислорода; поэтому ею очень часто пользуются для добыванія этого газа.

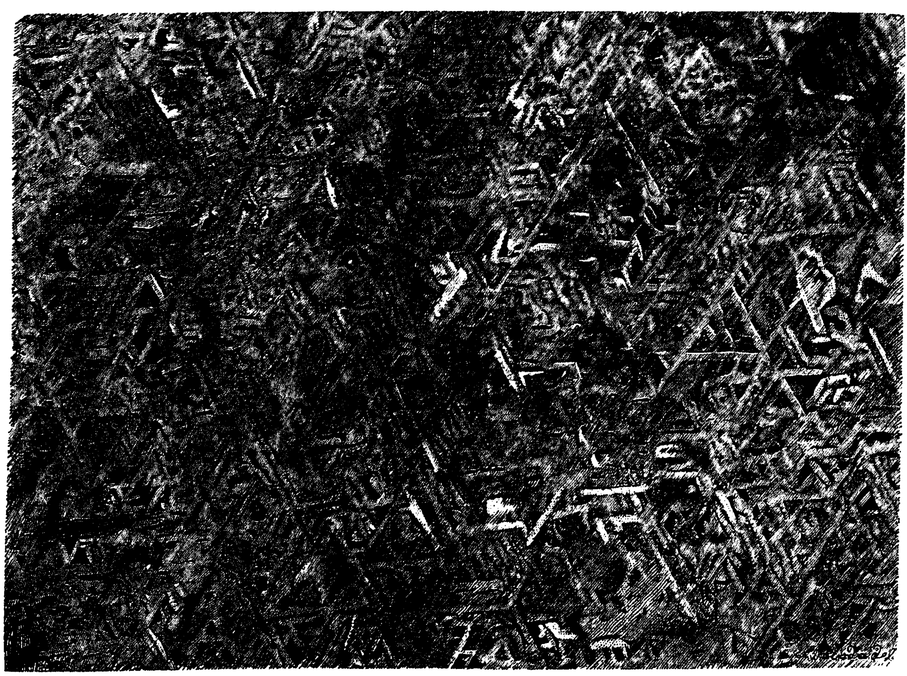
Окислы группы свинца въ видѣ минераловъ встрѣчаются въ природѣ гораздо рѣже окисловъ группы желѣза. Отмѣтимъ слѣдующія соединенія: красную мѣдную руду, закись мѣди, Cu_2O, свинцовый глетъ, или массикотъ (окись свинца), PbO, и сурикъ, Pb_3O_4, въ которомъ уже нѣсколько больше кислорода и который представляетъ собой окись промежуточную (окиселъ, занимающій мѣсто между окисью и двуокисью свинца); наконецъ, замѣтимъ оловянный камень, SnO_2, окись олова. Эти тяжелые металлы встрѣчаются въ земной корѣ въ видѣ самородковъ гораздо чаще, чѣмъ металлы группы желѣза.

Какъ извѣстно, въ своемъ естественномъ состояніи, въ видѣ самородковъ, желѣзо встрѣчается очень рѣдко, такъ что даже думали, что, кромѣ тѣхъ случаевъ, когда оно падаетъ на землю изъ мірового пространства въ видѣ содержащихъ желѣзо метеоритовъ, въ этомъ свободномъ состояніи оно совсѣмъ не бываетъ. Метеорное желѣзо отличается отъ желѣза земного происхожденія сравнительно большимъ содержаніемъ никеля; оно имѣетъ благодаря этому особое кристаллическое строеніе, которое путемъ извѣстныхъ операцій можно обнаружить въ видѣ такъ называемыхъ видманштетовыхъ фигуръ (см. рисунокъ на стр. 424); по этимъ фигурамъ можно заключить о космическомъ происхожденіи желѣзной массы даже въ томъ случаѣ, когда никто не видалъ, какъ она упала изъ мірового пространства. На стр. 425 помѣщено изображеніе величайшаго изъ содержащихъ желѣзо метеоритовъ, паденіе которыхъ удалось наблюдать; онъ вѣситъ 39 кгр. и упалъ въ 1751 г. въ Гражинѣ, недалеко отъ Аграма. Мы видимъ, что плавленіе сильно ото-



Изготовленіе стали. Бессемерова груша (конвертор). См. текстъ, стр. 422.

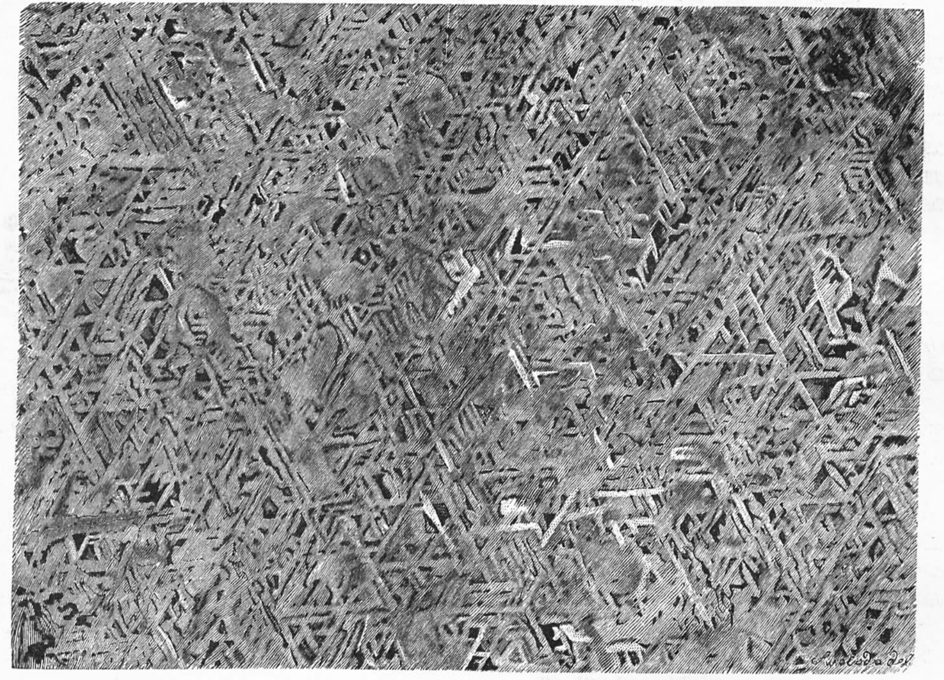
звалось на желѣзѣ, оставивъ на поверхности этого метеорита глубокія впадины. Метеорное желѣзо содержитъ часто также углеродъ въ формѣ графита или даже въ кристаллической формѣ въ видѣ чрезвычайно малыхъ алмазиковъ. Видманштетовы фигуры можно, впрочемъ, получить и на не-метеорномъ желѣзѣ, на томъ, которое имѣется у насъ въ землѣ; для этого надо только ввести въ это желѣзо соотвѣтственный процентъ никеля. Отсюда мы въ правѣ заключить, что процессъ кристаллизаціи, имѣющій мѣсто въ метеоритахъ, протекаетъ тамъ по тѣмъ самымъ законамъ, которые управляютъ превращеніями вещества у насъ. Въ 1884 въ западной Австраліи былъ найденъ кусокъ самороднаго желѣза вѣсомъ въ цѣлыхъ 909 кгр.; въ его космическомъ происхожденіи можно было удостовѣ-



Видманштетовы фигуры на шлифѣ метеорита. Изъ „Исторіи земли", Неймайра. См. текстъ, стр. 423.

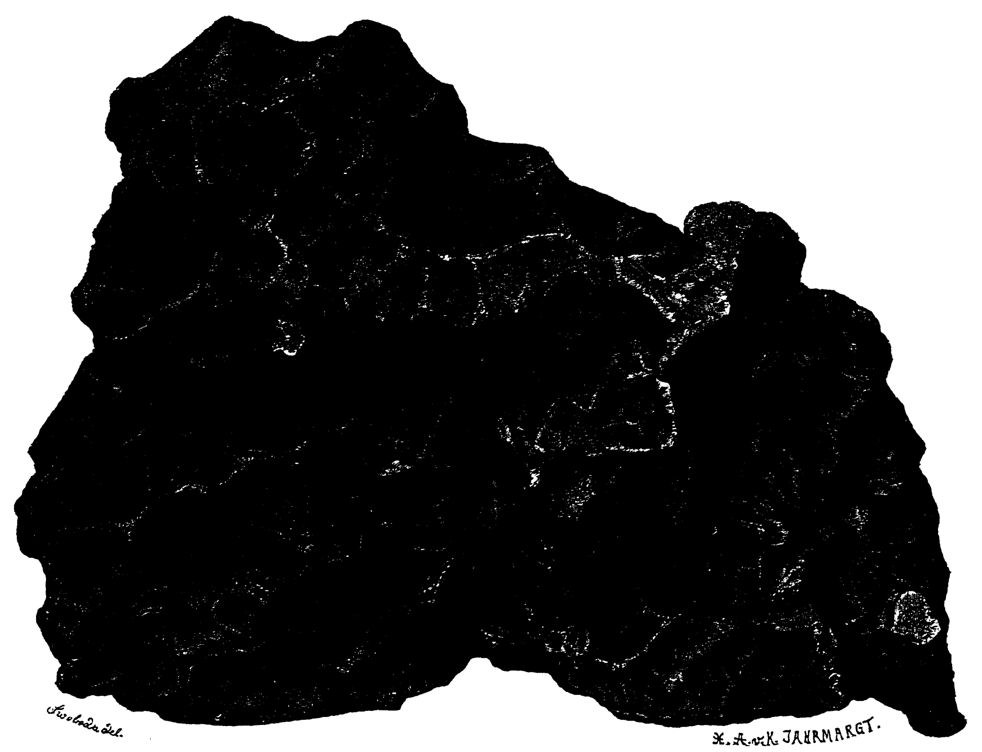
риться самымъ несомнѣннымъ образомъ. Въ 1870 г. въ Гренландіи въ Овифакѣ Норденшёльдтъ нашелъ цѣлыя горы чистаго желѣза: самый большой изъ метеоритовъ вѣсилъ 25,000 кгр. Кусокъ желѣза, изображенный на стр. 426, былъ найденъ Джономъ Россомъ у мыса Іорка въ Гренландіи уже въ 1818 году. Въ длину онъ имѣетъ 4 м., въ высоту 1.3 — 2 м; его вѣсъ — 80 тоннъ. Для эскимосовъ, живущихъ въ этой странѣ, столь скудно одаренной природой, самородное желѣзо, представлявшее собой прекрасный матеріалъ для изготовленія утвари, было настоящимъ даромъ неба; благодаря ему, они безъ всякаго труда перешли отъ вѣка каменнаго къ вѣку желѣзному. Но надо сказать, что, повидимому, не все это желѣзо космическаго происхожденія.

Мы удѣлили мѣсто самородному желѣзу для того, чтобы показать, что оно встрѣчается рѣдко; напротивъ того, соединенія желѣза содержатся въ земной корѣ въ очень большомъ количествѣ. Легкіе металлы, которые окисляются еще легче, въ самородномъ состояніи вовсе не встрѣчаются; напротивъ, по мѣрѣ того, какъ мы и дальше подвигаемся отъ элемента къ элементу въ нашей группировкѣ, мы встрѣчаемъ эти элементы въ самородномъ состояніи все чаще и чаще, въ видѣ соединеній же они встрѣчаются въ природѣ все рѣже и рѣже. Отсюда мы заключаемъ, что уже въ незапамятныя времена происходилъ процессъ окисленія,



Видманштетовы фигуры на шлифѣ метеорита. Изъ „Исторіи земли“, Неймайра.
См. текстъ, стр. 423.

переводившій все большія и большія количества свободнаго кислорода въ твердыя соединенія и что съ тѣхъ поръ всѣ элементы, въ зависимости отъ большей или меньшей степени своего химическаго сродства, вступили въ соединеніе съ кислородомъ. Вся земная кора представляетъ собой одинъ сплошной продуктъ химическаго горѣнія. Полагаютъ, что на окисленіе составляющихъ ее элементовъ пошло около 300 трилліоновъ килогр. и что поэтому для всякаго рода организмовъ въ атмосферѣ, въ видѣ „жизнетворнаго воздуха“ остается всего лишь трех-

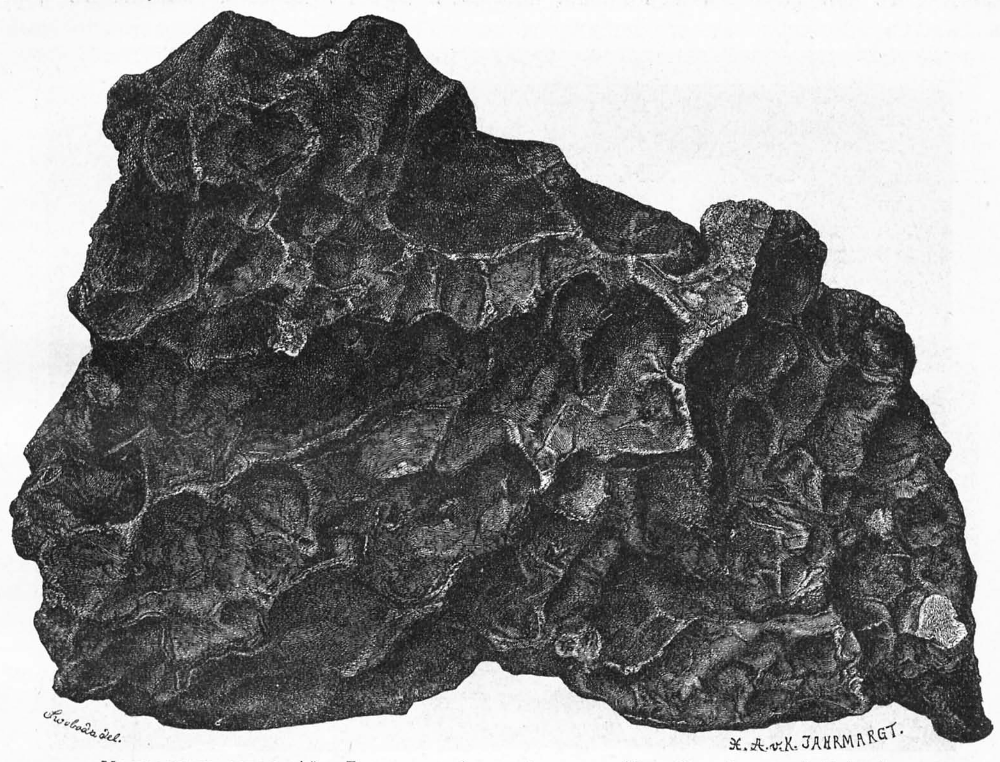


Метеоритъ, упавшій у Гражины, близъ Аграма. Изъ „Исторіи земли“, Неймайра. См. текстъ, стр. 423.

сотая доля этого количества. Но если-бъ не растенія, исчезъ бы и этотъ остающійся свободнымъ кислородъ; растенія же обладаютъ способностью „возстановлять“ кислородъ, содержащійся въ извѣстныхъ соединеніяхъ; этотъ процессъ „возстановленія“ можетъ происходить въ мертвой природѣ лишь въ очень рѣдкихъ случаяхъ, при особомъ стеченіи благопріятныхъ условій, да и то въ незначительныхъ размѣрахъ. Тотъ кислородъ, который когда-либо вошелъ въ составъ горныхъ породъ, отдается ими лишь послѣ особыхъ операцій, которымъ ихъ надо подвергнуть.

Свинецъ въ видѣ самородковъ встрѣчается довольно рѣдко; чаще находятъ, впрочемъ, непростые окислы его; свинцовыя руды, по большей части, содержатъ сѣру, но къ такимъ соединеніямъ мы еще возвратимся. Ртуть находятъ и въ самородномъ состояніи; она бываетъ включена въ друзы, то есть въ небольшія углубленія; главнымъ же образомъ она добывается изъ киновари, одного изъ сѣрныхъ ея соединеній. Сказанное относится также къ мѣди и серебру, но мѣдь и серебро встрѣчаются въ самородномъ состояніи все-таки чаще. Золото и платина имѣется въ природѣ только въ самородномъ состояніи.

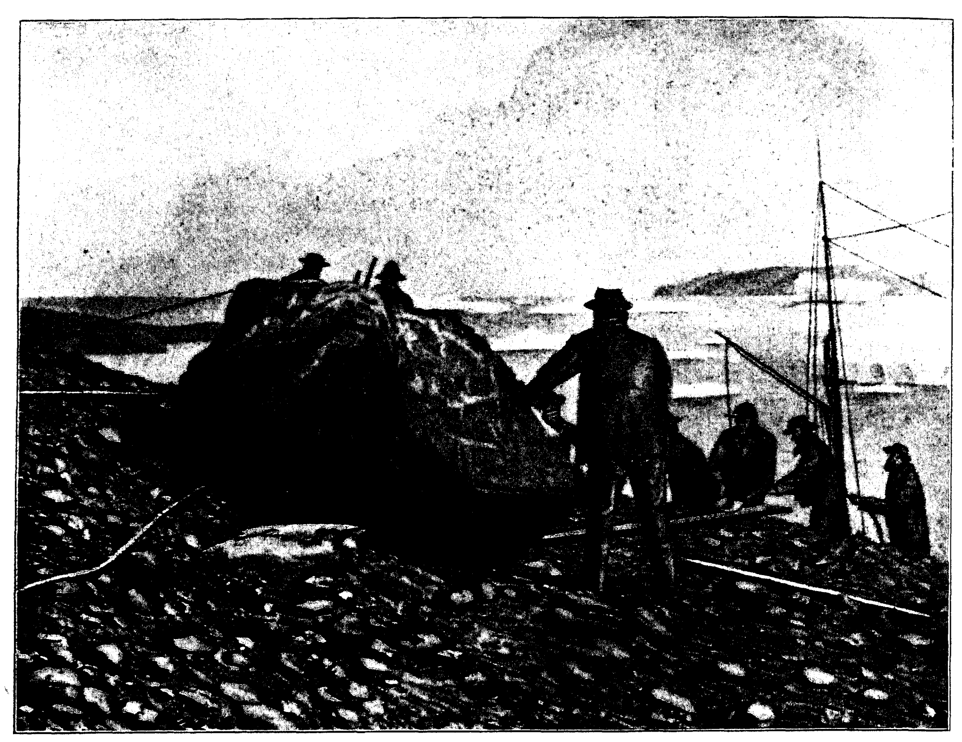
Искусственнымъ путемъ можно образовать окислы разныхъ степеней и отъ металловъ этой послѣдней группы.



Метеоритъ, упавшій у Гражины, близъ Аграма. Изъ „Исторіи земли“, Неймайра.
См. текстъ, стр. 423.

b) Сѣрнистыя соединенія.

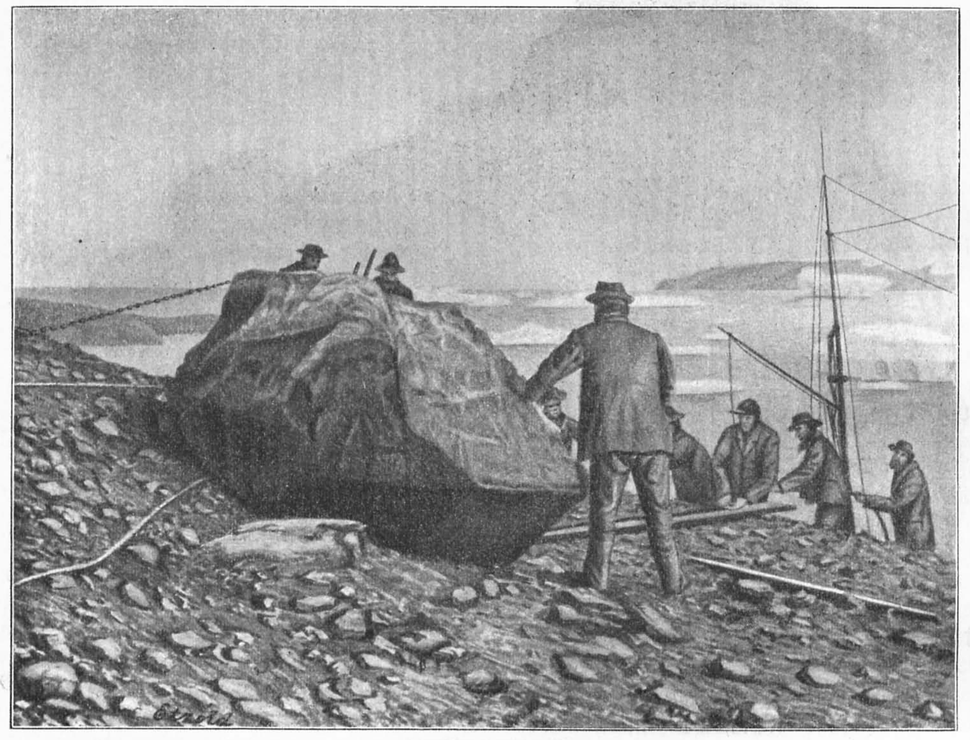
Сѣра принадлежитъ къ той же группѣ, что и кислородъ, и поэтому по своимъ химическимъ свойствамъ на него необыкновенно похожа. Она вступаетъ въ соединеніе съ прочими элементами, въ особенности же, —съ металлами съ соблюденіемъ совершенно тѣхъ же отношеній, что и кислородъ. Соединенія, которыя получаются при этомъ, носятъ названіе сѣрнистыхъ; они имѣютъ большое сходство съ окислами. Между окислами и этими соединеніями существуетъ полное соотвѣтствіе; такъ что формулы ихъ можно получать путемъ простой замѣны въ фор-



Большой метеоритъ, найденный въ Сѣверной Гренландіи на мысѣ Іоркѣ. Изъ соч. „Земля и жизнь", Ратцеля. См. текстъ, стр. 424.

мулахъ окисловъ символа O на символъ S. Съ другой стороны, въ виду иной степени химическаго сродства сѣры къ металламъ не всѣмъ окисламъ соотвѣтствуютъ свои сѣрнистыя соединенія. Сѣра соединяется со всѣми прочими тѣлами не такъ легко, какъ кислородъ. Тамъ, гдѣ кислородное соединеніе образуется сразу, для образованія соединенія сѣрнистаго приходится прибѣгать къ теплотѣ. Въ силу этого кислородъ очень часто вытѣсняетъ сѣру изъ ея соединеній.

Сѣра встрѣчается въ природѣ и въ свободномъ состояніи, но это бываетъ только въ вулканическихъ мѣстностяхъ; надо думать, что въ этомъ видѣ она получилась благодаря происходившему тутъ плавленію или возстановленію сѣрнистыхъ соединеній, подвергавшихся потомъ возгонкѣ. Эта сѣра въ натуральномъ ея состояніи представляетъ собой ромбическіе октаэдры, то есть кристаллы такого же вида, какіе получаются искусственнымъ образомъ путемъ возгонки изъ сѣрныхъ паровъ; но сверхъ того сѣра кристаллизуется еще въ двухъ другихъ формахъ; всего, стало быть, существуетъ три аллотропическихъ видоизмѣненія сѣры, кислородъ же имѣетъ, какъ мы видали, только два такихъ видоизмѣненія (обыкновенный кислородъ и озонъ). Эти три видоизмѣненія обозначаются буквами α, β, γ. Сѣра вида β получается путемъ медленной кристалли-

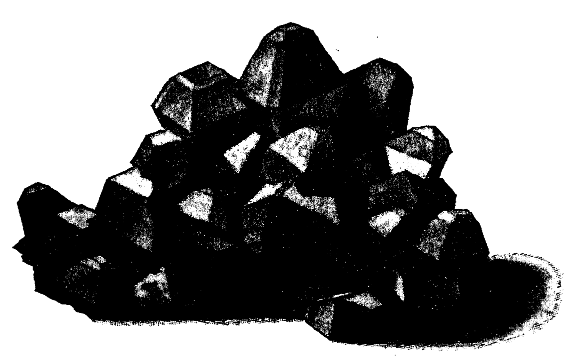


Большой метеоритъ, найденный въ Сѣверной Гренландіи на мысѣ Іоркѣ. Изъ соч. „Земля и жизнь“, Ратцеля. См. текстъ, стр. 424.

заціи расплавленной сѣры; кристаллы ея совершенно непохожи на кристаллы сѣры, полученные путемъ возгонки паровъ этого элемента. Кристаллы сѣры вида α изображены у насъ на рисункѣ ниже. Сѣра типа γ не имѣетъ кристаллическаго строенія: она аморфна. Удѣльные вѣса этихъ трехъ видоизмѣненій сѣры неодинаковы; неодинаковы и всѣ остальныя ихъ свойства; но двѣ послѣднія формы устойчивостью не отличаются: онѣ сами собой медленно переходятъ въ сѣру типа α. Температуры перехода сѣры изъ одного аггрегатнаго состоянія въ другое лежатъ не особенно далеко другъ отъ друга; плавится она при 114^0, а кипитъ при 448^0.

О соединеніяхъ ея съ кислородомъ мы уже говорили; галоиды, съ которыми она легко соединяется, мы будемъ имѣть случай разсмотрѣть отдѣльно (стр. 428).

Съ самимъ азотомъ, элементомъ вообще весьма недѣятельнымъ, сѣра въ соединеніе не вступаетъ, зато извѣстны ея соединенія съ прочими членами его группы. По замѣнѣ S на O, соединеніе $P_2 S_5$ будетъ въ точности соотвѣтствовать фосфорной кислотѣ; $P_2 S_5$ носитъ названіе пятисѣрнистаго фосфора. (Всѣ высшія соединенія различныхъ элементовъ съ сѣрой носятъ названіе сѣрнистыхъ, всѣ низшія сѣрноватистыхъ. Изъ рудъ наиболѣе извѣстны слѣдующія: дву- и трехсѣрнистый мышьякъ, $As_2 S_2$, $As_2 S_3$ (**реальгаръ и опермен тъ**) и трехсѣрнистая сурьма, $Sb_2 S_3$ (**сурьмяный блескъ**).

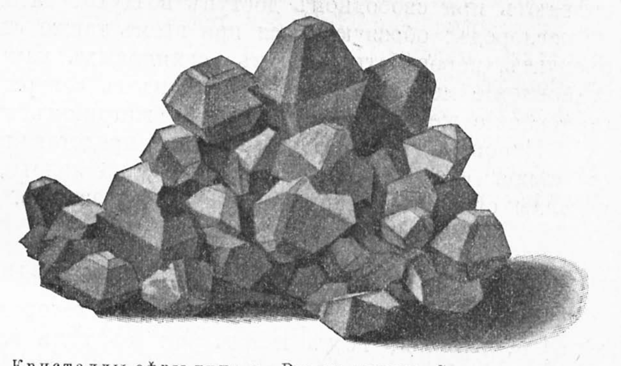


Кристаллы сѣры типа α. Рис. съ натуры. См. текстъ выше.

Въ сѣрнистыхъ соединеніяхъ углекислотѣ соотвѣтствуетъ **сѣрнистый углеродъ** CS_2. Сѣрнистый углеродъ представляетъ собой обладающую дурнымъ запахомъ, легко воспламеняющуюся, прозрачную, какъ вода, жидкость; для насъ это соединеніе представляло интересъ по своей большой способности къ свѣторазсѣянію (стр. 241). Кипитъ онъ уже при 48^0; опасность, представляемая имъ со стороны воспламеняемости, объясняется тѣмъ, что пары его чрезвычайно легко вступаютъ въ соединеніе съ кислородомъ, образуя при этомъ угольную кислоту и сѣрнистую кислоту. Сѣрнистый углеродъ легко растворяетъ такія соединенія, какъ жиры, и въ силу этого свойства примѣняется для подобнаго рода цѣлей довольно часто.

Водѣ соотвѣтствуетъ другое сѣрнистое соединеніе сѣрнистый водородъ, $H_2 S$. При обыкновенной температурѣ и обычныхъ давленіяхъ, это соединеніе встрѣчается только въ газообразномъ состояніи; газъ этотъ вода поглощаетъ очень сильно (вода можетъ быть насыщена сѣроводородомъ). Онъ распространяетъ вокругъ себя дурной запахъ въ родѣ запаха тухлыхъ яицъ; объясняется это тѣмъ, что онъ образуется при гніеніи всякаго рода животныхъ остатковъ; сѣроводородъ обладаетъ кислотными свойствами: подъ вліяніемъ его синяя лакмусовая бумага, какъ отъ кислоты, окрашивается въ красный цвѣтъ. Интересенъ этотъ фактъ потому, что въ этомъ соединеніи вовсе нѣтъ кислорода. Сѣроводородъ представляетъ собой **водородную кислоту**; съ нѣсколькими изъ такихъ водородныхъ кислотъ мы потомъ познакомимся. Сѣрнистый водородъ дѣйствуетъ только на металлы группы свинца (но не на металлы группы желѣза), и превращаетъ ихъ въ сѣрнистый свинецъ, сѣрнистую мѣдь, сѣрнистое серебро и т. д. Мы замѣчаемъ, что серебряные инструменты готоваленъ покрываются на воздухѣ, въ которомъ обыкновенно содержится въ самыхъ незамѣтныхъ количествахъ сѣрнистый водородъ, особымъ черноватымъ налетомъ; тѣ же приборы, которые покрыты слоемъ никеля, никогда не чернѣютъ.

Извѣстны также **сѣрнистый калій** и **сѣрнистый натрій**, K_2S и Na_2S, но магній и алюминій въ видѣ прямого соединенія съ сѣрой не встрѣчаются.



Кристаллы сѣры типа *a*. Рис. съ натуры. См. текстъ выше.

Сѣра и желѣзо соединяются другъ съ другомъ или при обычныхъ температурахъ въ присутствіи воды или же при накаливаніи; получаемое соединеніе FeS носитъ названіе сѣрнистаго желѣза. Болѣе высокая степень сѣрныхъ соединеній желѣза, двусѣрнистое желѣзо, FeS_2, есть ничто иное, какъ извѣстный минералъ желѣзный колчеданъ; его красивые, отливающіе золотомъ кристаллы неопытные люди часто принимаютъ за настоящее золото. Сверхъ того, существуютъ сѣрнистый цинкъ, сѣрнистый никель и т. д.

Изъ соединеній группы свинца необходимо упомянуть о свинцовомъ блескѣ, PbS. Мѣдный блескъ, Cu_3S, и серебряный блескъ, Ag_2S, представляютъ собой соединенія сѣрноватистыя. Послѣднее соединеніе встрѣчается въ видѣ красной серебряной руды, породы весьма распространенной; изъ нея и добываютъ серебро. Теперь скажемъ нѣсколько словъ о томъ, какъ извлекаютъ изъ этихъ породъ, этихъ сѣрнистыхъ соединеній, металлы. Сразу эти соединенія не возстановляются и потому ихъ предварительно обжигаютъ; для этого ихъ нагрѣваютъ при свободномъ доступѣ воздуха; атомы металловъ обмѣниваютъ сѣру на кислородъ; образующуюся при этомъ также сѣрнистую кислоту, какъ побочный продуктъ, перерабатываютъ въ „свинцовыхъ камерахъ“ въ сѣрную кислоту. Возстановленіе металлическаго окисла идетъ совершенно тѣмъ же путемъ, какъ возстановленіе желѣза (стр. 421), — обжиганіемъ въ присутствіи угля.

Киноварь, которую всѣ знаютъ, представляетъ собой сѣрнистую ртуть, HgS; съ сѣрой соединяются также олово, но золото, платина и слѣдующіе за ними металлы сѣрныхъ соединеній уже не образуютъ.

c) Хлористыя соединенія.

Подобно сѣрѣ, могутъ вытѣснять кислородъ изъ окисловъ также и галоиды: хлоръ, бромъ, іодъ и фторъ; съ тѣми или другими радикалами они образуютъ соотвѣтственныя хлористыя и хлорноватистыя соединенія и т. п. Соединенія эти выражаются формулами совершенно такого же вида, что и раньше, но, кромѣ подстановки соотвѣтственнымъ буквъ, необходимо измѣнить и индексы (указатели внизу символовъ, обозначающихъ элементы и въ то же время ихъ паи): галоиды—одноатомны, сѣра и кислородъ—двуатомны.

Хлористыя соединенія во многомъ существенно отличаются отъ окисловъ и сѣрнистыхъ соединеній. Они обладаютъ способностью вступать въ болѣе разнообразныя реакціи; соединенія эти подраздѣляютъ на двѣ большія группы: соединенія кислыя и соединенія основныя или щелочныя. Самый простой способъ изслѣдованія свойствъ этихъ соединеній состоитъ въ испытаніи при помощи лакмусовой бумаги: всѣ вещества, окрашивающія синюю лакмусовую бумагу въ красный цвѣтъ, обладаютъ реакціей кислоты; напротивъ того, вещества щелочныя возвращаютъ красной лакмусовой бумагѣ ея синій цвѣтъ. Слово „щелочной“ для характеристики этого рода веществъ выбрали потому, что при дѣйствіи на лакмусовую бумагу настоящихъ щелочей, ѣдкаго кали и ѣдкаго натра, эти реакціи обнаруживаются съ наибольшей очевидностью. Но, сверхъ того, существуетъ цѣлый рядъ веществъ совершенно другого состава, которыя имѣютъ также щелочную реакцію. Если соединить вещество, имѣющее кислотную реакцію, съ какимъ-нибудь щелочнымъ веществомъ, то въ результатѣ мы получимъ соединеніе, не проявляющее ни той, ни другой реакціи: соединеніе это не измѣняетъ окраски ни красной, ни синей лакмусовой бумаги. Такое нейтральное вещество носитъ названіе соли. Различные окислы могутъ образовывать другъ съ другомъ соли, которыя называются кислыми солями; четыре галоида образуютъ соотвѣтственныя галоидныя соли, не содержащія кислорода, а также кислоты. Мы ограничиваемся пока лишь общей характеристикой соединеній; къ описанію отдѣльныхъ свойствъ ихъ мы вернемся потомъ, сдѣлавъ предварительно общій обзоръ тѣхъ формъ, въ которыхъ они проявляются, и той системы, въ которую они укладываются.

Хлоръ, который получилъ свое названіе отъ греческаго слова chloros,

указывающаго на его цвѣтъ, представляетъ собой зеленовато-желтый ядовитый газъ, особеннаго характернаго запаха; хлоръ можно подвергнуть сжиженію; онъ также растворяется въ водѣ, которая въ этомъ случаѣ носитъ названіе **хлорной воды**.

Фторъ представляетъ собой газъ, весьма похожій на хлоръ; онъ выдѣляется среди остальныхъ веществъ своей исключительной способностью къ разнаго рода реакціямъ; онъ соединяется со всѣми веществами, кромѣ кислорода. Вотъ потому и было такъ трудно выдѣлить фторъ изъ его соединеній; впервые фторъ въ чистомъ видѣ полученъ былъ въ 1886 году путемъ примѣненія сильнаго электрическаго тока и сильнаго охлажденія, при которомъ способность веществъ вступать въ реакціи значительно ослабѣваетъ. Самымъ распространеннымъ въ природѣ соединеніемъ фтора является **плавиковый шпатъ**, фтористый кальцій, $Ca F_2$; названъ онъ такъ потому, что прибавка его къ металлическимъ веществамъ, подвергаемымъ металлургической обработкѣ, дѣлаетъ ихъ болѣе плавкими. Свободный фторъ, какъ и его кислота, о которой мы уже имѣли случай говорить, могутъ быть сохраняемы только въ платиновыхъ, золотыхъ, каучуковыхъ и свинцовыхъ сосудахъ: стекляные и глиняные сосуды фторъ разрушаетъ.

Бромъ получается обыкновенно въ видѣ жидкости, которая пахнетъ на подобіе хлора; наряду съ хлоромъ онъ входитъ въ составъ морской воды, какъ незначительная ея часть.

Іодъ представляетъ собой твердое тѣло; растворяется онъ въ водѣ съ трудомъ, въ винномъ спиртѣ, напротивъ того, легко (**іодная настойка**); при 113^0 онъ плавится, при 176^0 кипитъ; пары его имѣютъ красивый фіолетовый цвѣтъ.

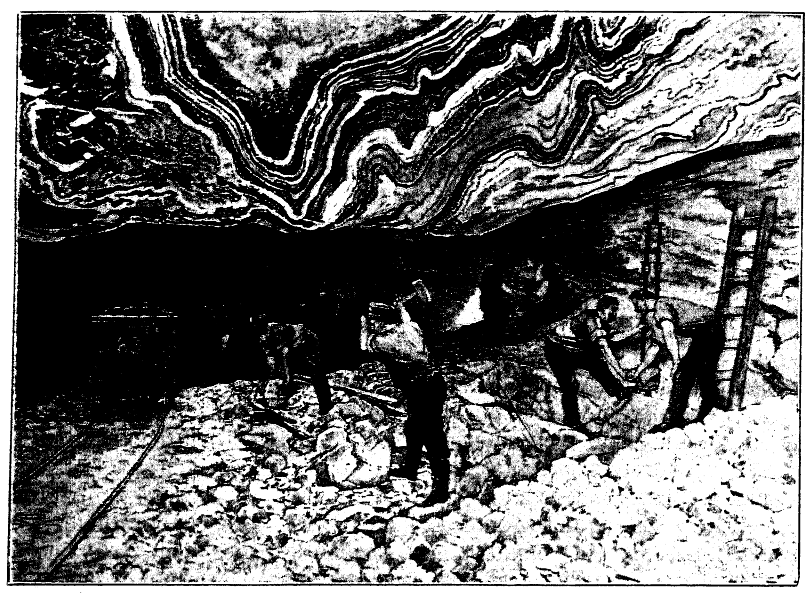
Нѣкоторыя соединенія хлора, брома и іода обладаютъ весьма важнымъ для насъ свойствомъ разлагаться на свѣту. Отсюда ведетъ свое начало **процессъ фотографированія**: пластинки и бумага, которыми мы пользуемся при фотографированіи, пріобрѣли свою свѣточувствительность именно благодаря нанесенному на нихъ слою **хлористыхъ** или **бромистыхъ соединеній**. Но **свѣточувствительность** эта представляетъ интересъ и для физика. Хлорная вода въ темнотѣ совсѣмъ не разлагается, но если ее держать долгое время на свѣту, то изъ нея выдѣлится кислородъ, и она превратится въ хлористоводородную (соляную) кислоту, формула которой (мы говоримъ о безводной) пишется такъ: HCl.

Такимъ образомъ по отношенію къ водороду хлоръ обладаетъ большимъ сродствомъ, нежели къ кислороду. Это показываетъ намъ разложеніе хлоромъ воды, которое происходитъ на свѣту благодаря дѣйствію свѣта. Изъ расщепленной молекулы воды хлоръ беретъ водородный атомъ; кислородный атомъ становится при этомъ свободнымъ. Это свойство является общимъ для всѣхъ галоидовъ; имъ объясняются дезинфицирующія и бѣлильныя свойства ихъ соединеній. Галоиды присоединяютъ къ себѣ водородъ, всегда входящій въ составъ органическихъ веществъ, и такимъ образомъ дѣйствуютъ на эти вещества разрушительно. Стремленіе хлора къ соединенію съ водородомъ можно наблюдать и въ томъ случаѣ, когда онъ вовсе не выдѣляетъ водорода изъ воды. Въ самомъ дѣлѣ смѣшаемъ два равныхъ объема хлора и водорода; соединеніе этихъ газовъ другъ съ другомъ, происходящее на свѣту, и образованіе соляной кислоты будетъ сопровождаться сильнымъ взрывомъ смѣси, получившей въ силу этого названіе **гремучаго хлорнаго газа**. Въ отличіе отъ обыкновеннаго гремучаго газа, который взрываетъ только отъ болѣе сильныхъ дѣйствій, напр., отъ пламени или отъ электрической искры, хлорный гремучій газъ превращается въ химическое соединеніе подъ вліяніемъ однихъ лучей свѣта.

Химическая формула соляной кислоты пишется такъ: HCl; стало быть, кислорода въ ней вовсе не содержится. Отсюда мы заключаемъ, что кислоты можетъ образовывать и водородъ, но образуетъ онъ ихъ, если оставить въ сторонѣ слабо кислотный сѣроводородъ, только съ галоидами. Поэтому кислоты эти носятъ названіе **галоидныхъ**, или **водородныхъ кислотъ** въ отличіе отъ кислотъ **кислородныхъ**; соли, образуемыя галоидными кислотами, называются **галоидными солями**.

Мы оставимъ теперь безъ разсмотрѣнія хлористыя соединенія группъ кислорода, азота и углерода, о которыхъ мы пока не можемъ сказать ничего существеннаго, и обратимся къ изученію наиболѣе важной функціи галоидовъ, — образованію ими солей.

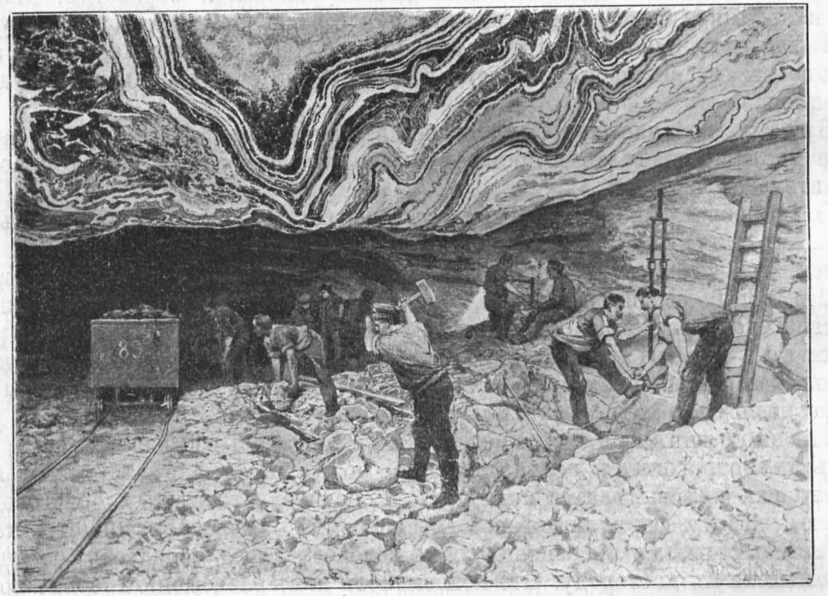
Всѣ эти соли можно получить путемъ растворенія металловъ въ соляной, или бромисто-, іодисто- и фтористоводородной кислотахъ. Мы уже знаемъ, что на золото и платину эти кислоты не дѣйствуютъ, но если взять смѣсь соляной кислоты и азотной кислоты (царская водка), то въ такой смѣси растворяются и эти благородные металлы. При раствореніи металловъ въ соляной кислотѣ они соединяются съ хлоромъ и освобождаютъ водородъ этой кислоты; такимъ образомъ эта реакція представляетъ собой одинъ изъ самыхъ простыхъ путей для полученія водорода. Замѣчаніе, сдѣланное нами по поводу соединеній металловъ



Стассфуртскія соляныя ломки. Съ фотографіи. См. текстъ, стр. 431.

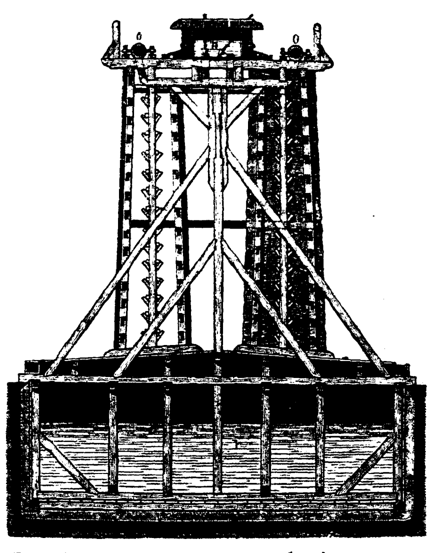
съ кислородомъ, остается въ силѣ и здѣсь: болѣе легкіе металлы образуютъ и болѣе прочныя соединенія.

Самымъ извѣстнымъ изъ такихъ соединеній является хлористый натрій, NaCl, обыкновенная поваренная соль, по которой получили свое названіе и всѣ остальныя соли. Какъ извѣстно каждому, она содержится въ морской водѣ въ размѣрѣ приблизительно 1,4—2,6 процента. Если мы на минуту вспомнимъ, какую массу воды содержитъ въ себѣ океанъ, то мы поймемъ, что поваренная соль должна быть однимъ изъ наиболѣе распространенныхъ на землѣ веществъ; спектроскопъ показываетъ, что обѣ составныя ея части играютъ чрезвычайно важную роль и внѣ нашей планеты. Нѣкоторыя озера, въ особенности такъ называемое Мертвое море и Большое Соленое озеро въ сѣверной Америкѣ, содержатъ въ себѣ, по сравненію съ океаномъ, гораздо большія количества поваренной соли, а также и другія соли, встрѣчающіяся въ морѣ наряду съ этой. Эти большія озера были нѣкогда, несомнѣнно, частями океана; геологическія измѣненія отрѣзали ихъ отъ водъ океана, и съ тѣхъ поръ находящаяся въ нихъ вода мало-помалу испаряется. Если бы вслѣдствіе климатическихъ или какихъ-либо другихъ измѣненій истоки Балтійскаго моря изсякли, то пересохъ бы и проливъ, находящійся между Ютландскимъ полуостровомъ и Скандинавскимъ; Балтійское море съ этого момента становилось бы все соленѣе и соленѣе; въ настоящее же время оно, напротивъ, бѣднѣе солью, нежели океанъ, что объясняется непрерывнымъ при-



Стассфуртскія соляныя ломки. Съ фотографіи. См. текстъ, стр. 431.

токомъ прѣсной воды и узостью пролива, благодаря которой концентрація соли не можетъ быть одинаковой по ту и по другую сторону этого пролива. Въ концѣ концовъ, въ этихъ соленыхъ озерахъ вода совершенно испаряется, и они превращаются въ соляныя мѣсторожденія; такія мѣсторожденія соли мы часто находимъ внутри земли. Нѣтъ никакого сомнѣнія въ томъ, что они произошли именно вышеописаннымъ образомъ. Прославленныя соляныя копи находятся въ Стассфуртѣ (см. рисунокъ на стр. 430) и въ Величкѣ. Соляныя мѣсторожденія, находящіяся подъ сѣверо-германской долиной, обладаютъ мощностью (толщина по отвѣсному направленію) болѣе чѣмъ въ 1000 м. и тянутся на протяженіи многихъ сотенъ километровъ, проходя часто очень близко отъ поверхности земли. Весь Берлинъ стоитъ на этомъ большомъ высохшемъ заливѣ давно прошедшихъ временъ; благодаря этому на извѣстной глубинѣ мы всегда можемъ получить насыщенный солью источникъ. Очень часто поступаютъ при добываніи соли изъ такихъ источниковъ слѣдующимъ образомъ: въ буровыя скважины напускаютъ воды, которая растворяетъ находящуюся внутри ихъ соль; этотъ соляной разсолъ по трубамъ (o и n) накачивается въ желобъ, находящійся наверху градирни (см. рис., пом. рядомъ). Переливаясь черезъ желобъ, разсолъ медленно стекаетъ по хворосту (h) внизъ. Значительная часть воды при этомъ испаряется, остатокъ, собирающійся въ резервуарѣ (i) выпариваютъ въ особаго рода плоскихъ металлическихъ сосудахъ, чренахъ.



Разрѣзъ градирни. o, n трубы; h кладка тростника; i резервуаръ. См. текстъ, стр. 431.

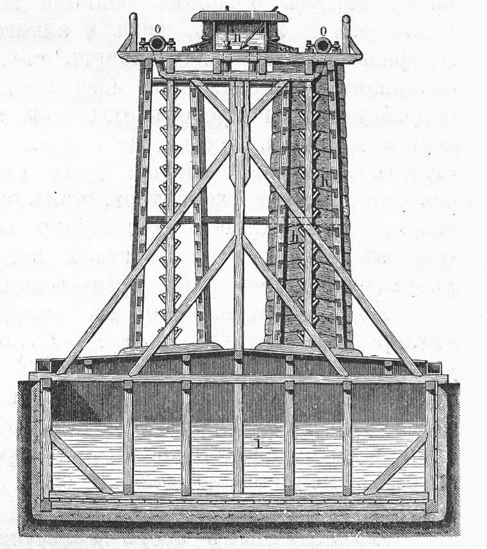
Соль является единственной приправой изъ области неорганическихъ соединеній. Конечно, мы не перевариваемъ соли, какъ не перевариваемъ ни одного другого неорганическаго вещества, такъ что сама пищей она служить не можетъ, но она способствуетъ пищеваренію, образуя въ желудкѣ необходимую для этого процесса соляную кислоту. Соль входитъ въ составъ крови, а въ незначительномъ количествѣ и въ растенія.

Съ поваренной солью сходенъ хлористый калій KCl; вмѣстѣ съ хлористымъ магніемъ, $MgCl_2$, онъ встрѣчается какъ въ морской водѣ, такъ и въ каменной соли; выдѣленный изъ каменной соли хлористый калій идетъ на удобреніе (Стассфуртскія калійныя соли).

Хлористый кальцій, $CaCl_2$, извѣстенъ каждому по причинѣ своей способности всасывать воду. Изъ простыхъ хлористыхъ соединеній тяжелыхъ металловъ отмѣтимъ хлористое серебро, AgCl, параллельныя ему іодистое и бромистое серебро, которыми, какъ извѣстно, пользуются при фотографированіи. Затѣмъ укажемъ хлорное, или треххлористое золото, $AuCl_3$, употребляющееся также въ фотографіи для такъ называемаго вирированія золотомъ. При нагрѣваніи, это соединеніе очень легко отдаетъ свое золото назадъ; отсюда мы можемъ заключить, что хлоръ обладаетъ по отношенію къ нему лишь слабой степенью сродства. Это замѣчаніе сохраняетъ свою силу и по отношенію къ соотвѣтственнымъ соединеніямъ платины.

d) Соединенія элементовъ группы азота.

Азотъ, какъ извѣстно, есть вещество газообразное; у насъ онъ составляетъ большую часть атмосфернаго воздуха. По послѣднимъ изслѣдованіямъ, въ 100 частяхъ (по объему) воздуха содержится 77,4 частей азота и 20,8 частей кислорода; остальныя 1,8 части на половину состоятъ изъ водяныхъ паровъ, на поло-



Разрѣзъ градирни. o, n трубы; h кладка тростника; i резервуаръ. См. текстъ, стр. 431.

вину изъ углекислоты и вновь открытыхъ газовъ: аргона, криптона, неона и ксенона; такимъ образомъ эти газы составляютъ вмѣстѣ приблизительно около 1 процента всего объема воздуха. Хотя при вдыханіи мы вводимъ азота гораздо больше чѣмъ кислорода, тѣмъ не менѣе мы его не усваиваемъ: азотъ мы выдыхаемъ въ неизмѣнномъ видѣ, большая же часть кислорода въ нашихъ легкихъ вступаетъ въ соединеніе съ углеродомъ, и этотъ то процессъ и поддерживаетъ нашу жизнь. Но не надо думать, что азотъ, какъ составная часть воздуха, совершенно безполезенъ; напротивъ того, онъ безусловно необходимъ для насъ, какъ среда, разрѣжающая кислородъ. Чистый кислородъ, вдыхаемый втеченіе продолжительнаго времени, для насъ былъ-бы вреденъ не менѣе чистаго алкоголя; но тотъ же алкоголь въ разведенномъ видѣ представляетъ собой, что бы ни говорили его противники, весьма полезную приправу. Чистый кислородъ также опьянялъ бы насъ; такимъ образомъ большія количества кислорода представляютъ для насъ точно такой же ядъ, какъ и алкоголь. Въ свою очередь такъ называемые яды въ разведенномъ видѣ могутъ служить лѣкарствомъ. Азоту его названіе дано совершенно неправильно. Онъ представляетъ собой вещество вполнѣ невинное и безразличное и вреденъ онъ для насъ постолько, посколько вредно для насъ всякое другое вещество, не содержащее въ себѣ ничего питательнаго: въ этомъ смыслѣ его можно считать даже смертоноснымъ. Но вредъ, причиняемый имъ, совершенно иного характера, чѣмъ вредъ, обусловливаемый присутствіемъ такихъ газовъ, какъ хлоръ. Достаточно примѣси самаго небольшого количества этого газа къ воздуху, чтобы такой воздухъ началъ дѣйствовать на насъ удушающе: хлоръ разрушаетъ наши органы дыханія.

Надо думать, что въ предшествовавшія эпохи отношеніе количествъ кислорода и азота въ воздухѣ было нѣсколько инымъ по сравненію съ теперешнимъ, что кислорода было больше: дѣйствительно, мы знаемъ, что, благодаря процессу окисленія, онъ включенъ въ огромныхъ количествахъ въ составъ горныхъ породъ. Этимъ обстоятельствомъ и объясняется то роскошное развитіе животнаго міра, которое имѣло мѣсто въ тѣ эпохи: органы животныхъ непремѣнно должны были приспособиться къ обильному содержанію въ воздухѣ кислорода.

Безразличнымъ азотъ является не только по отношенію къ человѣческому тѣлу или вообще ко всему органическому міру, онъ безразличенъ и какъ химическое тѣло: путемъ простого соприкосновенія онъ вступаетъ въ соединеніе лишь съ весьма небольшимъ количествомъ другихъ элементовъ. Большую часть его соединеній можно получить лишь окольнымъ путемъ. Вслѣдствіе этого добываніе азота изъ воздуха не представляетъ никакого труда: для этого надо только удалить какимъ-нибудь образомъ содержащійся въ воздухѣ кислородъ. Такимъ образомъ для полученія азота можно прогонять надъ раскаленными металлами воздухъ: металлы съ кислородомъ воздуха образовываютъ окислы, а то, что останется, и будетъ представлять собой азотъ.

Такого мнѣнія придерживались еще всего нѣсколько лѣтъ тому назадъ, несмотря на то, что прошло уже около ста лѣтъ съ тѣхъ поръ, какъ Кэвендишъ указалъ, что, при химическомъ поглощеніи полученнаго такимъ путемъ изъ воздуха азота, всегда замѣчается остатокъ, приблизительно въ 1 процентъ, и что этотъ остатокъ долженъ представлять изъ себя нѣчто отличное отъ азота. Въ виду чрезвычайно большой химической косности азота, это поглощеніе сопряжено съ значительными трудностями; вслѣдствіе этого изслѣдованіе азота было произведено надлежащимъ образомъ лишь въ самое послѣднее время. Изучавшій этотъ вопросъ Рамзай открылъ сначала (1895 г.) аргонъ, а потомъ и остальные поименованные нами газы. Присутствія этихъ газовъ нельзя указать ни въ одной другой части природы; правда, они находятся въ такихъ тѣлахъ, какъ метеориты, но метеориты приходятъ въ соприкосновеніе въ воздухомъ и вмѣстѣ съ азотомъ могутъ присоединить къ себѣ и имѣющіяся въ азотѣ примѣси. Такимъ образомъ эти новые газы занимаютъ по отношенію къ азоту то же положеніе, что иридій, палладій, осмій и т. п. элементы по отношенію къ платинѣ.

Новые газы, сопутствующіе въ нашей атмосферѣ азоту, представляютъ громадный интересъ съ теоретической точки зрѣнія, и поэтому, несмотря на то, что химически они совершенно безразличны, мы посвятимъ и имъ нѣсколько времени.

Прежде всего интересно знать, какимъ образомъ эти газы были открыты. Человѣку непосвященному можетъ показаться страннымъ, что аргонъ, который содержится въ комнатѣ средней величины въ количествѣ не менѣе 1000 литровъ, не былъ открытъ раньше. Но мы знаемъ, что аргонъ—газъ необыкновенно недѣятельный и что при обычныхъ условіяхъ его присутствіе ни въ чемъ не проявляется. Онъ представляетъ изъ себя газъ безъ цвѣта и запаха, газъ химически недѣятельный; изъ свойствъ его можно указать развѣ на его вѣсомость; и отъ эѳира онъ отличается чуть ли не только однимъ этимъ свойствомъ. Рэлей и Рамзай открыли аргонъ, занимаясь вопросомъ совершенно иного рода. Они опредѣляли отношеніе атомныхъ вѣсовъ кислорода и водорода, желая рѣшить равно ли оно точно 16, или же 16 съ нѣкоторой дробью. Этотъ вопросъ имѣетъ глубокій интересъ и съ теоретической точки зрѣнія: уже давно было замѣчено, что отношенія атомныхъ вѣсовъ элементовъ, равно какъ и отношенія ихъ соединеній, выражаются, повидимому, простыми цѣлыми числами. Если бы это наблюденіе подтвердилось бы вполнѣ, мы имѣли однимъ доводомъ больше въ пользу предположенія о сложномъ составѣ элементовъ: эти простыя числовыя соотношенія могли бы навести насъ на слѣдъ того основного единаго вещества, изъ котораго образованы всѣ остальные элементы. Въ виду этого сказанные англійскіе ученые изслѣдовали самымъ точнымъ образомъ свойства кислорода, обративъ особое вниманіе на изученіе его плотности, такъ какъ плотность газа всегда прямо пропорціональна его атомному вѣсу. Для повѣрки они подвергали изслѣдованію и остающійся отъ взятаго воздуха азотъ, но всякій разъ, несмотря на то, что были приняты всѣ мѣры къ тому, чтобы исключить всѣ возможныя ошибки, этотъ газъ оказывался приблизительно на одну сотую плотнѣе того азота, который получался изъ одного изъ его соединеній. Такимъ образомъ къ атмосферному азоту примѣшанъ былъ, очевидно, другой газъ, болѣе плотный нежели онъ.

Для отдѣленія этой подмѣси отъ азота Рэлей и Рамзай поступали слѣдующимъ образомъ: они накаливали магній (разумѣется, въ отсутствіи кислорода, иначе магній бы сгоралъ) и подвергали его дѣйствію предполагаемую смѣсь газовъ. Когда весь азотъ былъ поглощенъ магніемъ съ образованіемъ при этомъ соотвѣтственнаго соединенія, они тѣмъ не менѣе получили газообразный остатокъ, который, не взирая на энергичное воздѣйствіе магніемъ, по прежнему, въ реакцію не вступалъ; въ виду этого изслѣдователи назвали открытый ими газъ аргономъ, то есть недѣятельнымъ. Оказалось, что въ атмосферномъ азотѣ содержится аргона не менѣе 1,181 процента, и что отношеніе плотности аргона къ плотности азота равно 20 : 14. При этомъ выяснилось весьма примѣчательное обстоятельство, особенно важное въ теоретическомъ отношеніи; а именно оказалось, что молекула свободнаго аргона и атомъ его однозначущи, то есть, что это газъ одноатомный: мы привыкли къ тому, что газы сами насыщаютъ всѣ единицы своего сродства и такимъ образомъ они имѣютъ плотность въ два раза большую по сравненію съ той, которую слѣдовало бы ожидать, судя по ихъ атомному вѣсу. Аргонъ настолько не дѣятеленъ, что онъ уже не вступаетъ въ соединеніе съ самимъ собой. Тѣмъ же свойствомъ, одноатомностью, характеризуются также гелій и остальныя вновь открытыя примѣси атмосферы; поэтому всѣ они образуютъ по этому признаку свою особую отдѣльную группу. Кипитъ аргонъ при — 186,9°, таетъ при — 189,6°; спектръ его совершенно не похожъ на спектръ азота: въ спектрѣ аргона, въ его зеленой и красной частяхъ, мы видимъ много линій. Разумѣется, не было недостатка въ опытахъ, имѣвшихъ цѣлью соединить аргонъ съ какимъ-либо другимъ веществомъ; но онъ не вступаетъ въ реакцію даже со фторомъ, который такъ сильно дѣйствуетъ на всѣ остальныя вещества. Даже тогда, когда черезъ смѣси аргона со фторомъ пропускали электрическую искру, онъ оставался, какъ и раньше, недѣятельнымъ. Но изъ опытовъ Бертело слѣдуетъ, что пары бензола и сѣрнистый углеродъ подъ вліяніемъ электрическаго разряда, повиди-

мому, оказываютъ на него вліяніе. Въ этихъ опытахъ наблюдалось исчезновеніе части аргона и образованіе твердаго порошка, свойствъ котораго болѣе подробно изслѣдовать не удалось. Водой аргонъ поглощается въ три раза скорѣе нежели азотъ.

Видя такую недѣятельность аргона, можно подумать, что мы дошли до крайнихъ предѣловъ экспериментаторскаго искусства. Но Рамзаю удалось показать, что получающійся остатокъ въ свою очередь состоитъ изъ нѣсколькихъ другихъ газовъ. Онъ приготовилъ значительное количество жидкаго воздуха, который вслѣдъ за тѣмъ у него снова испарялся до тѣхъ поръ, пока не оставалась только самая малая его часть. Если въ воздухѣ содержится какой-либо неизвѣстный газъ, который испаряется съ бо́льшимъ трудомъ, чѣмъ кислородъ, азотъ и аргонъ, то въ остаткѣ жидкаго воздуха его должно содержаться больше, нежели въ воздухѣ въ его обычномъ газообразномъ состояніи. Въ самомъ дѣлѣ опыты, произведенные Рамзаемъ въ 1898 г., показали, что спектръ газа, получающагося изъ этого летучаго остатка, напоминаетъ спектръ аргона лишь въ слабой мѣрѣ, вмѣстѣ съ тѣмъ можно было наблюдать и другой спектръ, равнаго которому не имѣетъ ни одинъ изъ извѣстныхъ намъ газовъ. Этотъ газъ былъ названъ криптономъ, то есть сокровеннымъ; онъ въ два раза тяжелѣе аргона и такъ же, какъ и тотъ, одноатоменъ.

Позже Рамзай имѣлъ случай производить изслѣдованія надъ аргономъ съ большими количествами его (до 18 литровъ); обративъ его въ жидкое состояніе, онъ нашелъ газъ, въ три раза болѣе тяжелый, нежели аргонъ, ксенонъ, и другой газъ вдвое болѣе легкій, чѣмъ аргонъ, неонъ; если выразить атомные вѣса этой группы одноатомныхъ газовъ, входящихъ въ составъ воздуха, круглыми числами, то мы найдемъ слѣдующее: атомный вѣсъ неона равенъ 20, аргона 40, криптона 80 и ксенона 120.

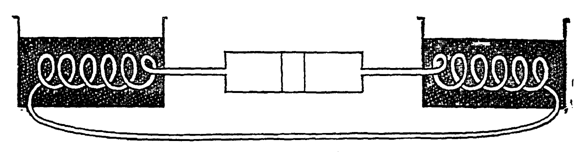
Несмотря на то, что азотъ чрезвычайно недѣятеленъ, онъ входитъ въ составъ очень многихъ соединеній, служащихъ для образованія органическаго міра, и въ этомъ видѣ онъ является однимъ изъ главныхъ пищевыхъ средствъ. Такъ, напримѣръ, онъ входитъ въ составъ бѣлка; животныя могутъ переваривать, усваивать, его только въ видѣ тѣхъ соединеній, какія имѣются въ растеніяхъ; непосредственно азотъ животными не усваивается. Но при обычныхъ условіяхъ съ другими веществами, вырабатываемыми органическимъ міромъ, онъ въ соединеніе не вступаетъ, и потому оставалось долгое время совершенно непонятнымъ, какимъ образомъ растенія, которыя берутъ его не изъ воздуха, могутъ вообще его получать. Конечно, онъ можетъ поступать въ растенія изъ почвы, гдѣ онъ всегда содержится въ видѣ азотистаго соединенія, — селитры. Селитра въ водѣ растворима и потому всегда можетъ быть впитана въ растеніе при посредствѣ корней. Но остается все-таки необъясненнымъ образованіе самой селитры. Извѣстно было только то, что она образуется лишь при наличности процессовъ гніенія, тѣхъ процессовъ, при которыхъ животные остатки отдаютъ землѣ содержащійся въ нихъ азотъ; этотъ азотъ и переходитъ въ селитру. Но процессъ этотъ самъ по себѣ въ лабораторіяхъ протекать не можетъ: для воспринятія азота необходимо, какъ дознано лишь въ самое послѣднее время, участье бактерій. Такимъ образомъ, эти опасные микроорганизмы, являющіеся причиной болѣзней, въ то же время и поддерживаютъ нашу жизнь. Не участвуй они въ вѣчномъ круговоротѣ превращеній вещества, прекратилась бы вскорѣ и самая жизнь: изъ круговорота этого былъ бы выключенъ азотъ; онъ оставался бы въ этомъ случаѣ только въ мертвой природѣ и тамъ онъ былъ бы такъ же неподвиженъ, какъ теперь въ воздухѣ. Такимъ образомъ бактеріи стерегутъ порогъ смерти; когда организмъ отживаетъ свой вѣкъ, онѣ не позволяютъ необходимому для жизни веществу переступить за этотъ порогъ и снова вводятъ его въ круговоротъ жизни.

О селитрѣ, $NaNO_3$, имѣющей важное назначеніе вводить азотъ въ растенія, мы имѣли уже случай говорить при разборѣ окисловъ. Пластами она можетъ залегать лишь въ сухихъ мѣстахъ, напримѣръ, въ пустыняхъ; въ другихъ мѣстахъ

проточная вода растворяетъ ее и уноситъ или вводитъ въ почву. Если вода, содержащая селитру, попадаетъ внутри земли въ какую-нибудь пещеру, то тамъ она отлагается, и иногда эти отложенія соли напоминаютъ собой сталактиты. Такъ образовались тѣ большія количества селитры, которыя имѣются въ разныхъ мѣстахъ земли, которыя разрабатываются и идутъ на изготовленіе удобрительныхъ туковъ.

Селитра входитъ также въ составъ пороха, который обыкновенно изготовляется изъ шести частей этой соли, 1 части угля и 1 части сѣры; впрочемъ, извѣстны и многіе другіе сорты пороха, составъ которыхъ измѣняется въ зависимости отъ ихъ назначенія. При воспламененіи кислородъ селитры образуетъ съ углемъ углекислоту, сѣра съ каліемъ селитры даетъ сѣрнистый калій, который мы видимъ послѣ взрыва въ формѣ дыма, и, наконецъ, азотъ — освобождается. Онъ, равно какъ и углекислота, послѣ воспламененія занимаютъ объемъ въ тысячу разъ большій, нежели взятый нами порохъ; этимъ объясняется взрывчатая сила пороха.

Интереснымъ азотистымъ соединеніемъ является соединеніе его съ водородомъ, такъ называемый аммiакъ NH_3. Азотъ—элементъ пятизначный, водородъ же только одноатомный, поэтому аммiакъ будетъ соединеніемъ ненасыщеннымъ; въ немъ остается двѣ свободныхъ единицы сродства азота. Въ силу своей недѣятельности, это соединеніе обладаетъ постоянствомъ, хотя въ то же время оно можетъ вступать въ дальнѣйшія реакціи соединенія и насыщать такимъ образомъ оставшіяся свободными единицы сродства. Это обстоятельство указываетъ намъ путь дальнѣйшаго образованія азотистыхъ соединеній.


Схема аммiачной машины для искусственнаго изготовленія льда. См. текстъ, стр. 436.

Но соединеніе съ водородомъ происходитъ тутъ далеко не такъ просто, какъ соединеніе водорода съ кислородомъ или хлоромъ. Оба соединяющихся элемента нужно привести въ соприкосновеніе въ тотъ самый моментъ, какъ они освободятся изъ своихъ соединеній, когда они будутъ въ такъ называемомъ status nascendi.

Оказывается, что въ этомъ состояніи элементы обладаютъ всегда значительно большимъ стремленіемъ вступать въ соединеніе, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда до этого они успѣли уже совершенно освободиться. Объясняется это тѣмъ, что въ свободномъ состояніи атомы газовъ сами насыщаютъ сродство другъ у друга (O = O), если же они только что выдѣлились изъ какого-нибудь соединенія, если, стало быть, это самонасыщеніе еще не могло произойти, то они вступаютъ въ соединеніе съ атомами какого-либо другого элемента, нежели опять со своими собственными. Даже недѣятельный азотъ не представляетъ въ этомъ случаѣ исключенія. Такимъ образомъ, если образуется заразъ смѣсь свободныхъ атомовъ водорода и азота и не будетъ ни одного другого посторонняго вещества, съ которымъ водородъ могъ бы снова вступить въ соединеніе, то онъ соединится съ азотомъ, и у насъ получится аммiакъ.

Аммiакъ есть вещество газообразное, обладающее извѣстнымъ острымъ запахомъ (нашатырный спиртъ); въ водѣ онъ растворяется въ огромныхъ количествахъ. Въ одномъ объемѣ воды при 0^0 растворяется свыше тысячи объемовъ этого газа, при болѣе высокихъ температурахъ растворимость его немного понижается. Въ формѣ такого раствора онъ обыкновенно и поступаетъ въ продажу. Чистый газообразный аммiакъ превращается въ жидкость при нормальномъ давленіи при—38,5^0; если желаютъ, чтобы онъ оставался въ жидкомъ состояніи и при обыкновенныхъ температурахъ, его подвергаютъ давленію въ 10 атмосферъ, подъ которымъ онъ и долженъ все время находиться. Если это давленіе уменьшить, то онъ сильно закипаетъ, поглощая при этомъ много тепла, вотъ почему растворомъ аммiака пользуются для приготовленія искусственнаго льда. Ска-

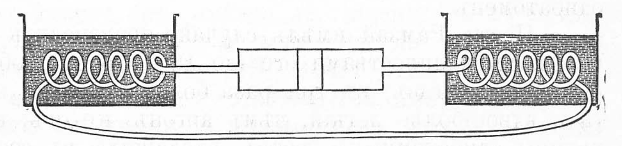


Схема амміачной машины для искусственнаго изготовленія льда. См. текстъ, стр. 436.

жемъ теперь кстати нѣсколько словъ о принципѣ, на которомъ построено дѣйствіе такого рода машины для изготовленія искусственнаго льда. Представимъ себѣ два сосуда, соединенныхъ между собой двояко: во-первыхъ, они соединены другъ съ другомъ при помощи насоса (на нашей схемѣ P, см. стр. 435); движеніе его поршня вызываетъ въ одномъ изъ сосудовъ сжатіе, въ другомъ разрѣженіе; во-вторыхъ, соединеніемъ между ними является трубка, по которой жидкость перетекаетъ изъ одного сосуда въ другой. Если въ первомъ сосудѣ, въ сосудѣ A, давленіе на жидкость уменьшить, то амміакъ превратится въ газообразное состояніе и вызоветъ охлажденіе, которое будетъ чувствоваться и во всѣхъ смежныхъ частяхъ прибора. Одновременно съ этимъ на другой сторонѣ въ сосудѣ B повышеніе давленія обусловитъ выдѣленіе тепла, которое будетъ переходить въ воду холодильника, а охлажденный жидкій амміакъ перейдетъ обратно въ сосудъ A. Такимъ образомъ весь этотъ круговой процессъ обязанъ своимъ происхожденіемъ одной только механической силѣ толчковъ, производимыхъ поршнемъ; этотъ процессъ непрерывно увеличиваетъ въ A охлажденіе.

Растворъ газообразнаго амміака въ водѣ не будетъ обыкновенной механической смѣсью. Напротивъ того, молекула воды расщепляется, водородъ ея переходитъ къ амміаку, а остатокъ OH образуетъ новую молекулу. Такъ получается гидратъ соединенія; съ однимъ изъ такихъ гидратовъ мы познакомились при разсмотрѣніи сѣрной кислоты. Реакція протекаетъ по слѣдующей формулѣ: $NH_3 + H_2O = NH_4$ (HO). Это обозначеніе принято для того, чтобы подчеркнуть присутствіе такъ называемаго воднаго остатка OH и придать соединенію видъ гидрата. Азотъ пятиатоменъ, а потому въ первой изъ группъ въ NH4 остается одна единица сродства еще ненасыщенной. Равнымъ образомъ свободной единицей сродства располагаетъ и кислородъ воднаго остатка; благодаря этому, обѣ группы сливаются въ одно цѣлое. Группа атомовъ NH^4, носящая названіе аммонія представляетъ собой по своимъ химическимъ свойствамъ нѣчто въ родѣ щелочно-земельнаго металла. Въ соединеніе она вступаетъ, какъ калій и натрій, совершенно, какъ одноатомный элементъ; она соединяется со всѣми тѣми элементами, съ какими вступаютъ въ соединеніе эти металлы; она образуетъ съ этими элементами соли. Несмотря на то, что до сихъ поръ не удалось получить вещества, имѣющаго составъ NH_4, этой группѣ дали особое названіе аммонія и даже обозначили особымъ символомъ $Am = NH_4$, точно бы это была не группа атомовъ, а новый элементъ. Этотъ Am вытѣсняется и замѣщается другими элементами, совершенно на тѣхъ же основаніяхъ, какъ атомы калія или натрія. Если мы приведемъ въ соприкосновеніе съ соляной кислотой HCl нашъ растворенный въ водѣ амміакъ, который теперь мы можемъ писать въ формѣ Am (OH), то хлоръ соединится съ аммоніемъ, а водородный атомъ, оставшійся отъ соляной кислоты, соединится съ воднымъ остаткомъ OH, образуя при этомъ воду; итакъ, изъ Am (OH) + HCl получается Am $Cl + H_2O$. Первое соединеніе есть ничто иное, какъ хлористый аммоній, или всѣмъ извѣстный нашатырь. Подобнымъ образомъ можно изготовить изъ гидрата натрія Na (OH) и соляной кислоты хлористый натрій, Na Cl, или поваренную соль. То обстоятельство, что сложная молекула во всѣхъ процессахъ участвуетъ на положеніи атома химическаго элемента для насъ весьма знаменательно: мы видимъ на конкретномъ примѣрѣ возможность высказываемаго нами предположенія о сложномъ составѣ элементовъ, принимаемыхъ до сихъ поръ нераздѣлимыми; быть можетъ, эти элементы представляютъ собой также сложные радикалы, которыхъ мы только не умѣемъ разлагать на составныя части. Въ органической химіи мы будемъ видѣть не мало такихъ группъ атомовъ, прочно связанныхъ другъ съ другомъ.

Къ группѣ азота относится также фосфоръ. Подобно недѣятельному основному элементу этой группы, и онъ пятиатоменъ; благодаря этому, формулы его соединеній совершенно похожи на формулы соединеній азота. Но во всѣхъ остальныхъ отношеніяхъ фосфоръ существенно отличается отъ азота. Въ противоположность азоту, фосфоръ представляетъ собой вещество въ высшей степени энергично реагирующее, въ этомъ отношеніи онъ походитъ на сѣру, но дѣйствуетъ

онъ гораздо сильнѣе сѣры. Плавится фосфоръ уже при 44^0, а кипитъ при 287^0; для сѣры соотвѣтственными температурами будутъ $113,5^0$ и 448^0. Фосфоръ представляетъ собой чрезвычайно легко воспламеняющееся при обыкновенной температурѣ твердое тѣло, вотъ почему имъ часто пользуются для полученія огня. Подобно сѣрѣ, фосфоръ можетъ быть полученъ въ нѣсколькихъ аллотропическихъ видоизмѣненіяхъ, которыя представляютъ въ данномъ случаѣ особый интересъ. Способностью легко воспламеняться обладаетъ только такъ называемый желтый, или кристаллическій фосфоръ, который очень ядовитъ. Въ водѣ онъ не растворяется; зато онъ легко растворяется въ другихъ жидкостяхъ, напр., въ сѣрнистомъ углеродѣ. Если нагрѣвать его безъ доступа кислорода, что дѣлается для того, чтобы онъ не воспламенился, то при температурѣ градусовъ на 40—50 меньшей, нежели точка его кипѣнія, то есть приблизительно при 250^0, онъ переходитъ въ вещество, совершенно отличное отъ первоначальнаго: вещество это краснаго цвѣта, нерастворимо, неядовито и само собой не возгарается. Желтый фосфоръ, для того чтобы онъ не улетучился или не воспламенился, приходится постоянно держать подъ водой; напротивъ того, красный или аморфный фосфоръ можно спокойно оставить на воздухѣ — онъ совершенно не измѣнится. Если теперь это аллотропическое видоизмѣненіе фосфора нагрѣть до температуры его кипѣнія, онъ сразу вернется въ свое прежнее состояніе. Фактъ этотъ особенно примѣчателенъ потому, что для перевода этого тѣла изъ одного состоянія въ другое и затѣмъ изъ этого второго обратно въ первоначальное, мы прибѣгаемъ къ одному и тому же процессу: какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаѣ мы сообщаемъ тѣлу теплоту.

Этимъ свойствомъ фосфора пользуются фабриканты такъ называемыхъ шведскихъ спичекъ, въ которыхъ, какъ о томъ гласятъ извѣстные этикеты на спичечныхъ коробкахъ, собственно даже нѣтъ фосфора; но зато поверхность, треніе о которую заставляетъ спички загораться, содержитъ въ себѣ красный фосфоръ, который, какъ мы уже раньше указали, совершенно безвреденъ и самъ собой не воспламеняется. На концѣ спички находится масса, которая сама не загорается, но сильно поддерживаетъ горѣніе; она должна содержать въ себѣ много кислорода и можетъ быть изготовлена, напримѣръ, изъ хлорноватокаліевой соли. Если этой твердой массой потереть о покрытую фосфоромъ поверхность, которую нарочно дѣлаютъ шероховатой, то отъ теплоты, производимой треніемъ, красный фосфоръ нагрѣвается до 290^0 и превращается въ желтый лишь въ тѣхъ частяхъ поверхности, которыя непосредственно потерты; этотъ желтый фосфоръ; воспламеняется и вызываетъ такимъ образомъ процессъ горѣнія спички. На воздухѣ желтый фосфоръ сгараетъ безъ какого-либо внѣшняго воздѣйствія медленно; при этомъ наблюдается то свѣтовое явленіе, отъ котораго получили свое названіе явленія фосфоресценціи, имѣющія съ нимъ чисто внѣшнее сходство. Свѣтящіеся ядовитые пары есть ничто иное, какъ фосфористая кислота $P_3 0_2$. При сгараніи быстромъ и полномъ получается фосфорная кислота, фосфорный ангидридъ $P_2 0_5$. (Всѣ эти соединенія (кислоты) у насъ вездѣ приведены въ формѣ ихъ ангидридовъ).

Наряду съ кислородомъ, азотомъ, углеродомъ, водородомъ и сѣрой, фосфоръ является распространеннѣйшимъ и необходимѣйшимъ въ органической природѣ элементомъ; безъ него органическій міръ не могъ бы обойтись. Наши кости состоятъ главнымъ образомъ изъ фосфорноизвестковой соли; и раньше фосфоръ добывался исключительно изъ костей и мочи. Въ формѣ другихъ соединеній онъ постоянно встрѣчается въ царствѣ минеральномъ; фосфаты служатъ удобрительными средствами: будучи прибавлены къ землѣ, они даютъ растеніямъ необходимое имъ количество фосфора.

Этотъ въ высокой степени дѣятельный элементъ образуетъ цѣлый рядъ соединеній; о нѣкоторыхъ изъ нихъ мы уже говорили. Кромѣ окисловъ фосфора, существуютъ его хлористыя и сѣрнистыя соединенія. Наконецъ, упомянемъ еще объ одномъ интересномъ соединеніи его, о фосфористомъ водородѣ, $H_4 P_2$ который на воздухѣ воспламеняется самъ собой, распадаясь при этомъ на фосфорную кислоту и воду.

Съ фосфоромъ имѣетъ сходство мышьякъ; фосфоръ и мышьякъ входятъ, по всѣмъ даннымъ, въ одну и ту же группу, отличаясь другъ отъ друга лишь степенью способности вступать въ реакцію. Мышьякъ обладаетъ замѣчательнымъ свойствомъ: точка его плавленія и точка кипѣнія совпадаютъ. Онъ сразу переходитъ изъ твердаго состоянія въ газообразное, онъ возгоняется, причемъ на стѣнкахъ сосуда, въ которомъ происходитъ его испареніе, образуется чернаго цвѣта зеркальный налетъ, мышьяковое зеркало.

Подобно фосфору, при сгораніи мышьякъ распространяетъ вокругъ себя характерный запахъ; онъ ядовитъ и, какъ ядъ, еще опаснѣе, чѣмъ фосфоръ. Въ соединеніи съ другими металлами мышьякъ встрѣчается очень часто; такъ, напримѣръ, его постоянно находятъ вмѣстѣ съ цинкомъ. Въ соединеніе съ другими элементами онъ вступаетъ не такъ легко, какъ фосфоръ и потому встрѣчается въ земной корѣ и въ свободномъ состояніи; фосфоръ же никогда не встрѣчается въ природѣ въ чистомъ видѣ и если его получить въ такомъ видѣ искусственнымъ путемъ, то и тутъ онъ можетъ оставаться безъ измѣненій въ теченіи лишь самаго непродолжительнаго времени. Мышьякъ обладаетъ металлическимъ блескомъ; онъ сѣро-стальнаго цвѣта и обладаетъ въ извѣстной степени твердостью металловъ, но въ то же время онъ и хрупокъ; такимъ образомъ, на него можно смотрѣть какъ на переходную ступень по пути къ легкимъ металламъ.

Существуютъ мышьяковистая и мышьяковая кислоты, сѣрнистыя и хлористыя соединенія мышьяка; фосфористому водороду соотвѣтствуетъ водородъ мышьяковистый, AsH_3, одинъ изъ самыхъ ядовитыхъ газовъ, насчитывающій уже не мало жертвъ.

Переходя отъ элемента къ элементу по ихъ способности вступать въ реакціи, мы приходимъ къ пятиатомной сурьмѣ, которая плавится при 430^0, а испаряется приблизительно при 1500^0. Металлическая сурьма имѣетъ бѣлый цвѣтъ и сильный блескъ; она тверже мышьяка, но и болѣе хрупка, нежели онъ; въ природѣ она встрѣчается, по большей части, въ видѣ соединеній съ сѣрой; извѣстны между кислотами этого элемента кислоты сурьмянистая и сурьмяная, SB_2O_3 и SB_2O_5; по своему атомному строенію они вполнѣ соотвѣтствуютъ азотистой и азотной, фосфористой и фосфорной, мышьяковистой и мышьяковой кислотамъ.

Сурьма встрѣчается и въ самородномъ состояніи но, по большей части, въ видѣ руды (сурьмянаго блеска, или сѣрой сурьмяной руды); она образуетъ съ металлами такъ называемые сплавы, но объ этомъ, объ общихъ свойствахъ сплавовъ, рѣчь еще впереди. Въ смѣси съ свинцомъ она употребляется въ видѣ сплава для отливки типографскаго шрифта; сплавъ ея съ оловомъ извѣстенъ подъ именемъ британскаго металла.

Наконецъ, слѣдуетъ упомянуть еще о томъ, что сурьму раньше считали элементомъ трехатомнымъ и относили его къ числу тѣхъ элементовъ, съ которыми онъ дѣйствительно имѣетъ много общаго. При существованіи современныхъ теоретическихъ воззрѣній такого рода перенесеніе разныхъ элементовъ изъ одной группы въ другую стало необходимымъ.

e) Углеродъ.

Всѣ знаютъ, что углеродъ встрѣчается въ формѣ весьма отличныхъ другъ отъ друга аллотропическихъ видоизмѣненій, а именно: въ формѣ угля, какъ такового, въ формѣ графита и алмаза. Взятый въ любой изъ этихъ трехъ формъ, онъ при нагрѣваніи до самыхъ высокихъ изъ извѣстныхъ намъ температуръ не плавится и тѣмъ болѣе не испаряется; этой устойчивостью онъ отличается отъ всѣхъ прочихъ веществъ. Уголь и графитъ черны и непрозрачны, алмазъ же въ наиболѣе чистой его формѣ совершенно прозраченъ, какъ вода. Онъ и графитъ имѣютъ строеніе кристаллическое; графитъ, впрочемъ, принадлежитъ къ сланцамъ и достаточно мягокъ; отсюда его примѣненіе въ карандашахъ; алмазъ, напротивъ того, представляетъ собой самое твердое вещество. При температурахъ, сра-



Жизнь природы. Т-во „Просвѣщеніе“ въ Спб.

Алмазныя копи „Old de Beers“ подъ Кимберлеемъ.

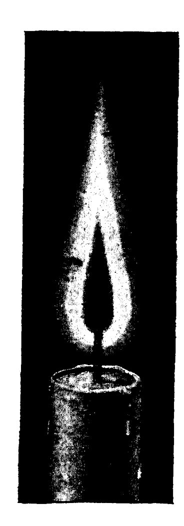
Съ фотографіи.

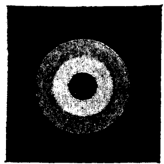
вительно невысокихъ, уголь легко вступаетъ въ соединеніе съ кислородомъ и сгораетъ при этомъ до конца; графитъ можно довести до этого состоянія лишь съ большимъ трудомъ, поэтому изъ него изготовляютъ огнеупорные тигли; равнымъ образомъ очень слабой горючестью характеризуется и алмазъ; но продукты горѣнія алмаза или графита ни въ качественномъ, ни въ количественномъ отношеніи, не отличаются отъ того, что получается при сгараніи одинаковаго по вѣсу куска угля.

Накаливая алмазъ въ безвоздушномъ пространствѣ, мы можемъ перевести его въ графитообразное состояніе, а потомъ и въ уголь; къ сожалѣнію, обратный переходъ угля въ алмазъ почти невозможенъ или, если возможенъ, то лишь въ самыхъ незначительныхъ количествахъ. Уголь, если не считать того случая, о которомъ мы сейчасъ говорили, не только не плавится, онъ также не растворяется ни въ одной изъ извѣстныхъ намъ жидкостей, и поэтому его нельзя и выкристаллизовать. Происхожденіе алмазовъ въ природѣ представляетъ загадку и до сихъ поръ, хотя въ послѣднее время удалось воспроизвести небольшіе алмазы и искусственнымъ путемъ. Условія, въ которыхъ находятся по отношенію другъ къ другу желѣзо и уголь при изготовленіи стали (стр. 422), позволяютъ предположить, что при соединеніи и этихъ двухъ элементовъ развиваются на непродолжительное время достаточно высокія температуры, при которыхъ небольшія количества угля переходятъ въ жидкое состояніе; этотъ расплавленный уголь, соединившись съ желѣзомъ, даетъ сталь. Если сразу прекратить этотъ процессъ и подвергнуть образовавшуюся массу сильному давленію, которое обусловитъ сильную кристаллизацію, то уголь дѣйствительно сгустится и превратится въ небольшіе алмазики. Дѣлается это такъ: желѣзо въ перемежку съ угольнымъ порошкомъ нагрѣваютъ до бѣлаго каленія и затѣмъ быстро выливаютъ въ холодную воду; внезапное охлажденіе вызываетъ очень сильное давленіе на части ея, находящіяся внутри. Желѣзо это мы растворяемъ затѣмъ въ кислотѣ, а алмазная пыль выпадаетъ изъ раствора въ видѣ порошка. Совершенно инымъ путемъ шли Г. Фридлендеръ и Гасслингеръ (1902 г.); они также получили искусственные алмазы, но для этого они сплавляли уголь съ соотвѣтственными вулканическими породами. Гасслингеръ примѣнилъ способъ Гольдшмидта, дающій очень высокія температуры: для полученія ихъ тутъ пользуются тѣмъ значительнымъ сродствомъ или жадностью, съ какой магній и алюминій стремятся къ соединенію съ кислородомъ. Такимъ путемъ были образованы искусственные алмазы, которые не превышали однако 0,05 мм. Практическаго значенія этотъ методъ образованія искусственныхъ алмазовъ, конечно, пока не имѣетъ. Мы уже говорили, что такіе алмазики встрѣчаются иногда и въ метеорическомъ желѣзѣ. Весьма вѣроятно, что они образуются тутъ совершенно такимъ же путемъ, какой у насъ описанъ въ первомъ способѣ, что же касается до тѣхъ алмазовъ, которые мы находимъ въ землѣ, то они образуются здѣсь изъ минеральныхъ отдѣленій, какъ можно думать, именно такъ, какъ въ опытахъ Фридлендера. Алмазы встрѣчаются въ розсыпяхъ въ Индіи, въ Бразиліи и Австраліи, очень часто ихъ находятъ вмѣстѣ съ золотомъ въ наносахъ размытыхъ породъ; очень часто вода относитъ ихъ очень далеко отъ того мѣста, гдѣ они первоначально находились; по небольшимъ кусочкамъ породы, приставшимъ къ алмазу, можно судить о тѣхъ породахъ, отъ которыхъ онъ оторвался. Въ концѣ концовъ, такую породу нашли: это особыя огромныя шиферныя образованія въ Бразиліи, такъ называемые итаколумиты, но открытіе это ничуть не выяснило пути образованія въ нихъ алмазовъ. Въ знаменитыхъ алмазныхъ копяхъ Южной Америки, подъ Кимберлеемъ (см. снимокъ, прилаг. къ этой стр.) алмазы включены въ такъ называемый „blue ground“, особаго рода вулканическій туфъ. Эта порода изображена у насъ въ краскахъ на одномъ изъ приложеній (стр. 418). На другомъ приложеніи („Величайшіе въ мірѣ алмазы“) представлены всѣ замѣчательные алмазы въ ихъ натуральную величину и въ отшлифованномъ видѣ.

Уголь образуется путемъ перегонки органическихъ веществъ безъ доступа воздуха при сильномъ нагрѣваніи; если бы этотъ процессъ мы стали вести на

воздухѣ, то уголь, сгорая, снова превратился бы въ угольную кислоту. Изготовленіе древеснаго угля путемъ сжиганія ведется слѣдующимъ образомъ: слой дерева перекладываютъ слоями земли, которая предотвращаетъ сколько-нибудь сильный доступъ воздуха къ дереву; затѣмъ костеръ поджигаютъ, сгораніе происходитъ, но это сгораніе неполное. Мы сказали, что притокъ воздуха тутъ очень слабый; благодаря этому, углеродъ сгорающаго дерева соединяется только съ однимъ атомомъ кислорода; получается ядовитая окись углерода (CO), а медленное нагрѣваніе, обусловливаемое всѣмъ этимъ процессомъ, извлекаетъ изъ тѣхъ частей дерева, которыя не сгораютъ, всѣ составныя части, кромѣ угля. Образованіе каменнаго угля въ принципѣ ничѣмъ не отличается отъ только что описаннаго нами способа полученія обыкновеннаго древеснаго, съ той только разницей, что теплоту, потребную для перегонки, въ случаѣ образованія каменнаго угля, даетъ давленіе слоевъ земли, производимое ими на находящіеся подъ ними растительные остатки. Продукты перегонки остаются, по большей части, подъ обуглившимися остатками растеній въ видѣ смѣси тѣхъ веществъ, которыя мы теперь можемъ получить изъ каменнаго угля при добываніи свѣтильнаго газа: таковы, деготь и нѣкоторые другіе побочные продукты. Изъ невзрачнаго дегтя современный химикъ изготовляетъ массу чудеснѣйшихъ красокъ. Въ виду такихъ дѣйствій, какъ давленіе каменныхъ породъ, уголь сохраняетъ строеніе того первоначальнаго органическаго вещества, изъ котораго онъ образовался: такъ, напримѣръ, даже древесный уголь до извѣстной степени сохраняетъ внѣшность сгорѣвшаго дерева и на немъ можно различить слои, показывающіе возрастъ этого дерева. Но при сгораніи, около трехъ четвертей древесины улетучивается, объемъ же куска остается прежній, а потому древесный уголь становится еще гораздо болѣе пористымъ, чѣмъ само сгорѣвшее дерево. Этимъ объясняется огромное притяженіе, производимое волосными трубками угля (см. стр. 119): уголь жадно впитываетъ въ себя жидкости, а количество поглощеннаго имъ газа можетъ превосходить его собственный вѣсъ въ нѣсколько сотъ разъ. Благодаря тому сближенію другъ съ другомъ, которое испытываютъ тутъ молекулы поглощаемаго углемъ вещества, онѣ вступаютъ въ порахъ его иногда въ такія химическія соединенія, какихъ при обыкновенныхъ условіяхъ получиться не можетъ. Скважностью древеснаго угля, какъ извѣстно, пользуются для фильтрованія жидкостей: уголь задерживаетъ въ себѣ какъ механическія примѣси, такъ и гнилостныя вещества, и потому, пропустивъ черезъ него воду, можно превратить ее изъ негодной для питья въ питьевую.





Строеніе пламени. См. текстъ, стр. 441.

До сихъ поръ мы говорили все о неполномъ сгараніи; теперь скажемъ нѣсколько словъ о полномъ сгараніи. Мы говоримъ, что тѣло совершенно сгорѣло въ томъ случаѣ, когда оно вполнѣ насыщается кислородомъ. Окись углерода не будетъ такимъ насыщеннымъ углеродистымъ соединеніемъ; за то углекислота больше кислорода присоединить къ себѣ уже не можетъ. Чтобы могло имѣть мѣсто полное сгараніе, необходимъ постоянный притокъ кислорода въ достаточномъ количествѣ; полное сгараніе не должно непремѣнно сопровождаться видимыми проявленіями въ формѣ пламени, но, съ другой стороны, наоборотъ, разъ появляется пламя, происходитъ непремѣнно и полное сгараніе. При недостаточномъ притокѣ воздуха пламя поддерживаться не можетъ; поэтому въ печахъ, лампахъ и т. д. устраиваютъ соотвѣтственныя приспособленія для поддержанія необходимой для пламени „тяги“. Мы уже знаемъ, что одни вещества на воздухѣ самовозгараются; другія же приходится зажигать. Отсюда мы заключаемъ, что процессъ окисленія начинается у различныхъ тѣлъ при той или другой опредѣленной температурѣ; потомъ, въ пятой главѣ мы увидимъ, что для всѣхъ вообще химическихъ реакцій существуютъ каждый разъ свои опредѣленныя предѣльныя



Строеніе пламени. См. текстъ, стр. 441.

температуры. Если мы хоть немного перешли за критическую температуру вещества, его окисленіе въ большинствѣ случаевъ будетъ давать само по себѣ достаточно тепла, для того чтобы эта температура, по меньшей мѣрѣ, не понижалась; такимъ образомъ процессъ сгаранія будетъ идти самъ собой.

Свѣченіе пламени представляетъ собой явленіе свѣтовое, обусловленное присутствіемъ въ немъ образовавшихся при окисленіи газовъ или твердыхъ накаленныхъ до бѣла частичекъ. Соотвѣтственно тому или другому составу пламени, мы видимъ въ спектроскопъ или свѣтлыя линіи газа, или одинъ сплошной спектръ (спектръ пламени свѣчи). Въ пламени свѣчи мы можемъ ясно различить три области (см. рисунокъ на стр. 440). Внутренняя часть пламени темна; въ ней находится еще не сгорѣвшій газъ, выдѣляющійся изъ матеріала свѣчи подъ вліяніемъ жара пламени. Если въ эту часть пламени вставить кончикъ тонкой стеклянной трубочки, черезъ которую газъ будетъ высасываться, то можно собрать этотъ газъ; онъ можетъ горѣть совершенно, какъ „свѣтильный газъ". Окружающая это темное ядро оболочка и есть собственно та часть пламени, которая свѣтится. Тутъ то начинается процессъ окисленія, а потому эта часть значительно горячѣе, чѣмъ внутренняя. Въ этомъ газѣ содержится множество мельчайшихъ частичекъ угля; тепло, получающееся здѣсь, накаливаетъ ихъ до бѣлаго каленія, но тѣмъ не менѣе онѣ не сгараютъ: онѣ то и даютъ пламени его свѣтъ. Эту часть окружаетъ новая оболочка, которая сама свѣтится очень слабо, но температура ея гораздо выше температуры, свѣтящейся части. Въ ней уголь уже сгараетъ. Но если притокъ воздуха недостаточенъ, то пламя не достигаетъ необходимой температуры, уголь не сгараетъ и пламя коптитъ, то есть въ немъ выдѣляется уголь въ крайне измельченномъ состояніи. Если же пламя начнетъ получать больше кислорода, чѣмъ это необходимо для поддержанія свѣтящагося пламени, то уголь будетъ совершенно сгарать; пламя перестанетъ свѣтиться совсѣмъ или будетъ свѣтиться только цвѣтомъ находящагося въ ней газа, но температура его значительно повысится. Съ такимъ именно разсчетомъ строятся извѣстныя горѣлки Бунзена, которыя пользуются большимъ распространеніемъ въ лабораторіяхъ и которыя примѣняются и въ нашемъ обиходѣ — въ газовыхъ кухняхъ.

О неорганическихъ производныхъ углерода, интересующихъ насъ именно какъ таковыя, мы уже говорили.

Теперь скажемъ нѣсколько словъ еще объ одномъ углеродистомъ соединеніи, которое собственно относится къ области органической химіи, но такъ похоже во многихъ отношеніяхъ на производныя галоидовъ, что его можно, наравнѣ съ аммоніемъ, трактовать какъ своего рода псевдоэлементъ; важное отличіе его отъ аммонія состоитъ въ томъ, что это соединеніе дѣйствительно образовано. Мы говоримъ о ціанѣ, CN. Ціанъ (постоянный газъ вида C_2N_2) представляетъ собой соединеніе изъ одного атома углерода и одного атома азота. Этотъ очень ядовитый газъ ожижается при —21^0, переходитъ въ твердое состояніе при —34^0. Въ химическихъ реакціяхъ это соединеніе занимаетъ такое же положеніе, какъ простыя вещества: хлоръ, бромъ, іодъ и фторъ. Но углеродъ четырехзначенъ, азотъ же пятизначенъ, поэтому въ соединеніи CN одна единица сродства остается ненасыщенной; ціанъ, стало быть, такъ же одноатоменъ, какъ и галоиды. Подобно аммонію, его обозначаютъ не формулой, а особымъ символомъ, какъ элементъ: вмѣсто CN, пишутъ Cy. Этотъ псевдоэлементъ, подобно хлору, вступаетъ во всевозможныя соединенія и образуетъ съ металлами соли и кислоты. Изъ такихъ кислотъ наиболѣе извѣстенъ ціанистый водородъ, или синильная кислота, CyH; она встрѣчается въ косточкахъ фруктовъ; присутствіемъ ея въ горькомъ миндалѣ объясняется его вкусъ. Изъ соединеній ціана съ легкими металлами назовемъ его соединенія съ каліемъ: ціанистый (синеродистый) калій, KCy, и такъ называемыя крове-щелочныя соли, представляющія собой соединенія ціанистаго калія съ желѣзомъ; желтая соль (ея формула K_4FeCy_6), синь кали, и красная соль, K_3FeCy_6, содержащая однимъ атомомъ калія меньше. Итакъ, въ этомъ случаѣ мы имѣемъ соединеніе, состоящее изъ четырехъ элементовъ, до сихъ же поръ мы занимались главнымъ образомъ соединеніями бинарными.

Если однозначный ціанъ соединить съ однимъ атомомъ сѣры, то та единица сродства, которой онъ располагаетъ, будетъ насыщена, но останется свободной единица сродства двухатомной сѣры. Такимъ путемъ возникаетъ новый радикалъ, который называется роданомъ (CyS); на него можно также смотрѣть, какъ на одноатомный элементъ. Онъ также образуетъ соли совершенно, какъ настоящій галоидъ; его соединеніе съ аммоніемъ даетъ часто употребляемый фотографами роданистый аммоній, AmCyS (что, если развить, должно быть написано такъ: $(NC)S(NH_4)$. Не безъинтересно познакомиться съ формулой строенія этого, нѣсколько болѣе сложнаго соединенія, которое, какъ мы уже сказали, относится скорѣе къ области органической химіи; въ ряду изучаемыхъ нами соединеній, такое соединеніе встрѣчается въ первый разъ; вотъ какъ напишется его формула: $C \equiv N\text{-}S\text{-}N{<^{H}_{H}}{<^{H}_{H}}$. Итакъ, у насъ имѣется соединеніе, составленное изъ четырехъ элементовъ—однозначнаго, двузначнаго, четырехзначнаго и пятизначнаго. Въ соединеніи этомъ всѣ единицы сродства входящихъ въ него элементовъ вполнѣ насыщены. О другихъ углеродистыхъ соединеніяхъ мы будемъ говорить въ главѣ: „Органическая химія".

f) Гидраты и соли.

О самомъ водородѣ мы сказали все необходимое при разсмотрѣніи его кислороднаго соединенія воды. Мы говорили также о гидратахъ кислотъ и объ ихъ ангидридахъ и знаемъ, что комбинація атомовъ OH носитъ названіе воднаго остатка (или гидроксила). Онъ образуетъ съ другими элементами соединенія, входя въ нихъ на правахъ одноатомнаго элемента, какъ аммоній (NH_4 = Am) или ціанъ (CN = Cy); такія соединенія называются гидратами. Получается три рода соединеній: кислоты, основанія и соли, которыя въ этомъ случаѣ называются кислыми солями.

Съ нѣкоторыми изъ кислотъ мы уже познакомились. Прибавленіе воды, H_2O къ сѣрному ангидриду даетъ настоящую сѣрную кислоту, H_2SO_4; мы предпочтемъ писать ея формулу въ видѣ $SO_2(OH)_2$, потому что тутъ лучше видно, что это гидратъ. Структурная формула сѣрной кислоты дана еще на стр. 416. Если отнять отъ сѣрной кислоты оба ея водородныхъ атома, то останется SO_4; это такъ называемый остатокъ сѣрной кислоты; въ немъ двѣ свободныхъ единицы сродства, которыя могутъ быть насыщены атомами другихъ элементовъ.

Аналогичные факты можно привести по отношенію къ азотной и другимъ этого типа кислотамъ.

Ангидриды, присоединяя воду, могутъ прямо переходить въ гидраты. Самымъ извѣстнымъ примѣромъ является известь. Безводная, или негашеная известь сильно притягиваетъ воду, которая ее „гаситъ"; при этомъ выдѣляется много тепла. Вмѣсто извести (окись кальція, CaO, и воды (H_2O) получается гидратъ кальція, $Ca(OH)_2$. Кальцій двухатоменъ, водный остатокъ (OH) только одноатоменъ, а такъ какъ каждый такой водный остатокъ обладаетъ одной свободной единицей сродства (кислорода), то съ однимъ атомомъ кальція должны соединяться два водныхъ остатка. Прокаливая этотъ гидратъ, мы можемъ вновь получить безводную окись; эту известь можно вновь подвергнуть гашенію.

Точно также путемъ прямого соединенія съ водой, даютъ гидраты натрій и калій. Мы уже знаемъ, что гидратъ калія K(OH) называется также ѣдкимъ кали, а гидратъ натрія Na(OH) — ѣдкимъ натромъ. Разъѣдающая способность этихъ, такъ называемыхъ щелочей извѣстна; ими пользуются для разрушенія веществъ животнаго происхожденія. О примѣненіяхъ щелочей мы будемъ говорить при разсмотрѣніи органическихъ соединеній.

Если растворить тяжелый металлъ въ кислотѣ (замѣтимъ, что это относится не ко всѣмъ металламъ, потому что не каждая кислота дѣйствуетъ на металлъ), то металлъ вытѣсняетъ изъ кислоты ея водородъ, а самъ становится на его мѣсто; такимъ образомъ металлъ соединяется съ кислотнымъ остаткомъ. Примѣ-

ромъ такой реакціи можетъ служить раствореніе желѣза въ сѣрной кислотѣ: $Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$. Получающаяся при этомъ соль есть ничто иное какъ желѣзный купоросъ, или сѣрнокислое желѣзо. Подобнымъ образомъ получается и мѣдный купоросъ, $CuSO_4$, или сѣрнокислая мѣдь. Освобожденный при этомъ водородъ выдѣляется. Существуетъ также цинковый купоросъ и еще много другихъ соединеній металлическихъ окисловъ и сѣры. Эти соли, по большей части, кристаллизуются въ красивыхъ формахъ.

При кристаллизаціи къ описаннымъ нами группамъ атомовъ присоединяется еще вода; это такъ называемая кристаллизаціонная вода; мы удѣлимъ ей особое вниманіе при разсмотрѣніи процессовъ кристаллизаціи (глава 4-ая). Химическія формулы минераловъ, приведены у насъ безъ содержащейся въ этихъ минералахъ кристаллизаціонной воды; обыкновенно приписываютъ къ формулѣ кристалла и ее.

Водородъ освобождается также при раствореніи металловъ въ водородныхъ кислотахъ. Получающіяся при этомъ соли,—соли галоидныя. Соляная кислота, растворяя цинкъ, даетъ хлористый цинкъ и водородъ. Символически процессъ образованія этого соединенія выражается такъ: $2HCl + Zn = ZnCl_2 + H_2$.

Однѣ изъ солей будутъ вести свое происхожденіе отъ кислотъ азотной, сѣрной, угольной и другихъ, другія — отъ кислотъ съ болѣе низкой степенью окисленія — азотистой, сѣрнистой и т. д. Къ той или другой группѣ принадлежатъ слѣдующія извѣстныя, постоянно употребляемыя въ нашемъ обиходѣ соли: поташъ, углекислый калій, K_2CO_3; сода—углекислый натръ, Na_2CO_3; двууглекислый натръ $NaHCO_3$, входящій въ составъ шипучихъ, или содовыхъ порошковъ; сѣрноватистый натръ, $Na_2S_2O_3$, или гипосульфитъ; составная часть фотографическаго проявителя Na_2SO_3; глауберова соль, или сѣрнокислый натрій Na_2SO_4; гипсъ, или сѣрнокислый кальцій (безводный имѣетъ формулой $CaSO$); свинцовыя бѣлила, или углекислый свинецъ, $PbCO_3$; ляписъ, иначе адскій камень, или азотнокислое серебро, $AgNO_3$; свинцовый сахаръ, или уксуснокислый свинецъ $PbC_4H_6O_4$ (органическое соединеніе).

Гидраты, въ зависимости отъ степени окисленія входящихъ въ нихъ окисловъ, раздѣляются на гидраты окиси и гидраты закиси. Такъ, напримѣръ, гидратъ, ведущій свое начало отъ закиси желѣза (FeO) — $Fe(OH)_2$ называется гидратомъ закиси желѣза; гидратъ вида $Fe(OH)_3$, гидратъ окиси желѣза, получается изъ соединеній окиси желѣза (Fe_2O_3). Гидратъ алюминія есть ничто иное какъ глиноземъ, $Al(OH)_3$; гидратъ магнія, или магнезія пишется такъ: $Mg(OH)_2$. Магнезія, которую употребляютъ, какъ лекарство, по составу своему представляетъ углекислый магній; прокаливъ ее, получаемъ окись магнія, жженую магнезію; она, подобно извести, вступаетъ въ соединеніе съ водой и образуетъ съ ней гидратъ. Ярь, или мѣдянка представляетъ собой также гидратъ: это гидратъ окиси мѣди $Cu(OH)_2$.

g) Легкіе металлы.

Для группы легкихъ металловъ калій является характернымъ элементомъ; съ цѣлымъ рядомъ его соединеній мы уже успѣли познакомиться. Калій по своему бѣлому цвѣту и блеску похожъ на серебро; но онъ легче воды: его удѣльный вѣсъ равенъ всего лишь 0,87. Плавится онъ при 62,5°, а кипитъ при 720°, на воздухѣ онъ тотчасъ же окисляется, а въ водѣ загорается; вотъ почему его надо сохранять въ такой жидкости, въ составъ которой кислородъ не входилъ бы совсѣмъ, напримѣръ, въ керосинѣ.

Натрій во всѣхъ отношеніяхъ очень похожъ на калій; по внѣшнему виду ихъ трудно отличить другъ отъ друга. Его удѣльный вѣсъ немного больше удѣльнаго вѣса калія и почти равенъ удѣльному вѣсу воды (0,97). Точка плавленія (95°) и точка кипѣнія этого металла лежатъ нѣсколько выше, нежели у калія; такимъ образомъ натрій въ меньшей степени способенъ вступать въ реакціи, но тѣмъ не менѣе онъ настолько быстро окисляется, что и его слѣдуетъ держать подъ керосиномъ. Оба металла настолько мягки, что ихъ можно мять, какъ глину.

Кальцій уже замѣтно тяжелѣе воды: удѣльный вѣсъ его 1,58. Онъ соединяется съ водой непосредственно, вытѣсняя ея водородъ, и образуетъ при этомъ гидратъ окиси кальція; но по сравненію съ первыми двумя металлами этой группы, онъ все таки довольно устойчивъ. Это блестящій желтоватый металлъ; его уже нельзя разминать, но онъ легко вытягивается въ проволоку; при температурѣ краснаго каленія онъ начинаетъ плавиться.

Магній (удѣльный вѣсъ 1,74) немного тяжелѣе кальція. Это металлъ серебристаго цвѣта, ковкій и тягучій; магній плавится приблизительно при 450°, испаряется приблизительно при 900° и окисляется далеко не такъ легко, какъ предшествовавшіе металлы этой группы. Всѣ знаютъ, что магній, будучи нагрѣтъ до извѣстной температуры, загорается и горитъ яркимъ свѣтомъ; „вспышками магнія" пользуются фотографы; лента магнія примѣняется также при устройствѣ факеловъ, горящихъ красивымъ бѣлымъ свѣтомъ.

Алюминій теперь извѣстенъ всѣмъ и каждому, но еще какихъ-нибудь десять лѣтъ тому назадъ онъ принадлежалъ къ числу тѣхъ веществъ, которыя наравнѣ съ каліемъ, натріемъ и кальціемъ, можно было встрѣтить только въ лабораторіяхъ, несмотря на то, что соединенія его встрѣчаются на землѣ въ очень большихъ количествахъ. Причину рѣдкости первыхъ трехъ металловъ надо искать въ ихъ неспособности сохраняться въ чистомъ состояніи при обычныхъ условіяхъ. Напротивъ того, металлическій алюминій очень устойчивъ; на него не дѣйствуютъ ни сѣрная кислота, ни азотная; онъ растворяется лишь въ соляной кислотѣ. Это металлъ довольно твердый; своимъ бѣлымъ блескомъ онъ напоминаетъ олово; плавится алюминій при 625°. Если его зажечь, онъ будетъ горѣть яркимъ пламенемъ, какъ магній; но процессъ горѣнія протекаетъ тутъ не такъ быстро, какъ у магнія.

Къ той же группѣ, кромѣ калія, натрія, кальція и алюминія, принадлежатъ еще нѣсколько рѣдкихъ металловъ, которые по своимъ химическимъ свойствамъ очень похожи на перечисленные уже нами легкіе металлы; они только гораздо тяжелѣе этихъ первыхъ четырехъ легкихъ металловъ; таковы, талій, иттрій и торій; торій, наряду съ ураномъ, является наиболѣе тяжелымъ изъ извѣстныхъ намъ веществъ.

О томъ, въ какомъ состояніи эти легкіе металлы встрѣчаются въ природѣ и каковы ихъ важнѣйшія соединенія, мы уже говорили при разсмотрѣніи окисловъ, сѣрнистыхъ соединеній и т. п. (см. стр. 411).

h) Тяжелые металлы.

На цинкъ можно смотрѣть какъ на связующее звено, какъ на переходъ отъ металловъ легкихъ къ тяжелымъ. Онъ похожъ на магній и плавится уже при 420°. Если не говорить о ртути, цинкъ является единственнымъ тяжелымъ металломъ, способнымъ испаряться въ сколько-нибудь значительныхъ количествахъ: онъ кипитъ уже при 930°. Въ отличіе отъ остальныхъ элементовъ группы желѣза, цинкъ двухатоменъ, такъ что и въ этомъ отношеніи онъ похожъ на магній, но за то онъ почти одного вѣса съ желѣзомъ. Обыкновенно онъ встрѣчается въ формѣ очень хрупкаго и ломкаго металла, такъ что до начала 19-го столѣтія онъ почти не находилъ себѣ примѣненія. Внѣшній видъ цинка извѣстенъ каждому. Только съ того времени, какъ открыли, что при температурѣ приблизительно около 150°, онъ перестаетъ быть хрупкимъ и можетъ быть прокатываемъ въ пластинки, онъ вошелъ во всеобщее употребленіе. Въ отношеніи молекулярнаго строенія цинка, особенно интересно то обстоятельство, что онъ обладаетъ тягучестью, лишь въ очень тѣсныхъ предѣлахъ температурныхъ измѣненій; достаточно нагрѣть такой тягучій цинкъ немного сильнѣе, и онъ снова станетъ хрупкимъ.

Теперь перейдемъ отъ легкихъ металловъ къ настоящимъ тяжелымъ металламъ группы желѣза; прежде всего назовемъ хромъ; его удѣльный вѣсъ равенъ 6,9,—удѣльный вѣсъ желѣза 7,5. Итакъ мы видимъ, что между легкими металлами и самымъ легкимъ изъ тяжелыхъ металловъ лежитъ не малое разсто-

яніе. Хромъ очень твердъ, почти не плавится, царапаетъ стекло; глядя на его сѣрый цвѣтъ никакъ нельзя подумать, что его соединенія отличаются своей великолѣпной окраской, по причинѣ которой онъ даже получилъ свое названіе. (chromos, греч.—цвѣтной). По своей значности онъ бываетъ то двухатомнымъ, то трехатомнымъ. Въ противоположность другимъ металламъ группы желѣза, онъ не намагничивается и встрѣчается въ природѣ только въ формѣ соединеній, но довольно часто; попадается онъ также вмѣстѣ съ другими металлами этой группы и въ метеоритахъ. Среди соединеній хрома часто употребляется въ качествѣ краски хромовосвинцовая соль $PbCrO_4$, такъ называемый желтый кронъ. Другимъ соединеніемъ хрома двухромовокислымъ кали, $K_2Cr_2O_7$, пользуются въ фотографіи при изготовленіи фотогравюръ: онъ обладаетъ замѣчательнымъ свойствомъ становиться свѣточувствительнымъ въ присутствіи нѣкоторыхъ веществъ растительнаго происхожденія, бумаги, желатины и т. д.

О желѣзѣ мы теперь скажемъ лишь нѣсколько словъ; о желѣзѣ въ природѣ и о его соединеніяхъ мы говорили уже раньше (см. стр. 420); что же касается до общихъ свойствъ этого наиболѣе распространеннаго металла, то они достаточно извѣстны. Необходимо только указать, что желѣзо является единственнымъ изъ тяжелыхъ металловъ, встрѣчающимся не только въ видѣ неорганическихъ соединеній, но и въ органической природѣ: въ нашей крови содержится сравнительно много желѣза, и это одна изъ наиболѣе необходимыхъ составныхъ частей ея; поэтому малокровнымъ даютъ принимать желѣзо въ формѣ раствора, и будучи введено въ организмъ, оно способствуетъ образованію въ немъ крови, съ той же цѣлью назначаютъ больнымъ натуральныя воды желѣзистыхъ источниковъ; въ водахъ этихъ содержатся соединенія желѣза и углерода.

Кобальтъ и никель по свойствамъ своимъ ближе къ желѣзу, нежели остальные металлы этой группы; они могутъ намагничиваться, разумѣется, значительно слабѣе желѣза. Оба они немного тяжелѣе желѣза: удѣльный вѣсъ кобальта равенъ 8,5, удѣльный вѣсъ никеля—8,9. Свои названія они получили отъ насмѣшливыхъ прозвищъ, которыми окрестили горные жители горныхъ духовъ (кобальтъ въ горахъ, въ Германіи, такъ и называютъ кобольдомъ); объясняется это тѣмъ, что ихъ руды очень похожи на серебряную руду, но если подвергнуть ихъ обработкѣ въ печахъ, какъ серебро, то онѣ превратятся въ сѣрую золу. У жителей горъ составилось убѣжденіе, что это все шутки горныхъ духовъ. Никель обладаетъ блескомъ, дѣлающимъ его похожимъ на серебро. Въ никелевыхъ монетахъ, вошедшихъ въ употребленіе въ Германіи, содержится $^1/_4$ никеля и $^3/_4$ мѣди. Кобальтъ и никель окисляются не такъ легко, какъ желѣзо; поэтому никелемъ очень часто покрываютъ утварь, для того, чтобы предотвратить ржавленіе. Соли кобальта имѣютъ красивый синій цвѣтъ и употребляются въ красильномъ дѣлѣ; никель образуетъ соли зеленаго цвѣта.

Къ числу металловъ, почти всегда сопутствующихъ желѣзу, принадлежитъ также марганецъ; его удѣльный вѣсъ (8,0) меньше удѣльнаго вѣса кобальта, но больше удѣльнаго вѣса желѣза. Марганецъ, равно какъ и сопутствующій платинѣ иридій, плавится труднѣе всѣхъ остальныхъ металловъ; его точка плавленія лежитъ около 1900°. Несмотря на такую тугоплавкость марганца, идущую рука объ руку съ его твердостью (онъ царапаетъ сталь), окисляется онъ гораздо легче желѣза; поэтому его причисляютъ къ металламъ неблагороднымъ, и въ чистомъ видѣ въ техникѣ не примѣняется. Напротивъ того, сплавы его имѣютъ очень большое значеніе и пользуются значительнымъ примѣненіемъ.

Къ группѣ желѣза относится также уранъ, такъ заинтересовавшій насъ своими загадочными лучами (урановы, или беккерелевы лучи). Но въ главѣ 10-ой, посвященной разбору этихъ явленій, мы уже отмѣтили, что явленія эти обязаны своимъ происхожденіемъ, по всей вѣроятности, не самому урану, а примѣшанному къ нему другому веществу или, можетъ быть, даже нѣсколькимъ веществамъ (радій и т. п.), еще не полученнымъ въ чистомъ видѣ. Металлическій уранъ выглядитъ, какъ желѣзо, но въ два раза тяжелѣе его; удѣльный вѣсъ его почти равенъ удѣльному вѣсу золота; тяжелѣе его, кромѣ золота, только платина и металлы ея группы.

Атомъ урана тяжелѣе атома любого изъ извѣстныхъ намъ веществъ; атомный вѣсъ его равенъ 240. Поверхность его на воздухѣ покрывается окислами; при накаливаніи уранъ сгараетъ. Эта способность урана легко окисляться, что сказывается также и въ дѣйствіяхъ на него кислотъ, характерна не только для него одного, но и для всѣхъ металловъ группы желѣза; поэтому всѣхъ ихъ относятъ къ числу металловъ неблагородныхъ. Уранъ встрѣчается только въ смоляной урановой рудѣ, породѣ довольно рѣдкой, и добывается только въ одномъ Іоахимсталѣ, въ Богемскихъ Рудныхъ горахъ. Разными солями урана пользуются, какъ красками, въ особенности въ производствахъ стекляномъ и фарфоровомъ. Закись урана даетъ огнестойкую черную краску для живописи по фарфору, $Na_2U_2O_7$; урановокислый натрій обладаетъ красивымъ желтымъ цвѣтомъ; онъ входитъ въ составъ урановаго стекла, флюоресцирующаго зеленоватымъ цвѣтомъ.

Свинецъ, первый членъ своей группы, образуетъ въ свою очередь связующее звено между группой желѣза и этой слѣдующей за ней группой металловъ. Это металлъ неблагородный; на огнѣ онъ все-таки легко окисляется. На воздухѣ онъ весьма устойчивъ; ту же устойчивость онъ проявляетъ и по отношенію къ кислотамъ; мы знаемъ, что этимъ свойствомъ свинца пользуются при производствѣ сѣрной кислоты: ее получаютъ въ свинцовыхъ камерахъ. Въ виду своего постоянства, мягкости, гибкости и легкоплавкости, а также дешевизны, — онъ дешевле другихъ неизмѣняющихся металловъ— онъ пользуется большимъ распространеніемъ. По количеству добываемой руды, свинецъ уступаетъ только желѣзу. Свинецъ плавится уже при 325°; удѣльный вѣсъ свинца 11,25. Растворимыя соединенія свинца для человѣческаго тѣла, по большей части, очень ядовиты; надо замѣтить, что при всемъ томъ, соли его часто отличаются далеко не пріятнымъ сладковатымъ вкусомъ. Про нихъ говорятъ, что это яды, дѣйствующіе исподтишка: дѣйствіе ихъ сказывается лишь много времени спустя послѣ того, какъ они попали въ организмъ. Свинецъ употребляется при изготовленіи красокъ, стекла особаго сорта и, какъ глазурь для глиняной посуды. Объ углекисломъ свинцѣ, о свинцовыхъ бѣлилахъ, мы уже говорили. Кирпичнокрасная краска сурикъ, которой покрываютъ желѣзо для предохраненія его отъ ржавчины имѣетъ такой составъ: Pb_3O_4; желтоватокрасный свинцовый глетъ употребляется, какъ примѣсь, при изготовленіи свинцоваго стекла.

Ртуть называютъ металломъ полублагороднымъ, имѣя въ виду ея постоянство на воздухѣ; дѣйствуютъ на нее только сильныя кислоты. Напротивъ того, при накаливаніи она окисляется легко. Какъ металлъ жидкій и въ то же время очень тяжелый, она часто примѣняется въ физическихъ приборахъ; объ этомъ намъ часто приходилось упоминать. Мы также неоднократно приводили точку ея плавленія (—39,5), температуру ея кипѣнія (357°) и плотность (13,6 при 0°). Мы также отмѣтили, что въ природѣ она встрѣчается въ видѣ сѣрнистаго соединенія, въ видѣ извѣстной краски киновари, въ самородномъ же состояніи попадается лишь рѣдко. Изъ числа ея соединеній необходимо упомянуть о сулемѣ $HgCl_2$, или двухлористой ртути, которая, какъ и сама ртуть, является однимъ изъ чрезвычайно сильныхъ ядовъ; ей пользуются, какъ антисептическимъ средствомъ; фотографы примѣняютъ ее для усиленія слабыхъ негативовъ. Далѣе укажемъ гремучую ртуть, $HgC_2N_2O_2$, которая взрываетъ уже при сравнительно небольшомъ давленіи и потому употребляется при изготовленіи пистоновъ.

Серебро по химическимъ свойствамъ очень похоже на ртуть. Это уже настоящій благородный металлъ; на воздухѣ оно не окисляется, дѣйствуютъ на него только сильныя кислоты; плавится оно съ трудомъ (точка плавленія лежитъ при 954°). По удѣльному вѣсу (10,5) оно уступаетъ ртути; всѣ прочія его свойства извѣстны каждому. Мы уже говорили, что оно встрѣчается и въ самородномъ состояніи; чаще однако находятъ его въ формѣ руды, въ видѣ одного изъ сѣрнистыхъ соединеній, содержащихъ, по большей части, подобно цинку, въ небольшихъ количествахъ и мышьякъ. Существуетъ, подобно гремучей ртути, и гремучее серебро, только оно еще опаснѣе этого соединенія ртути. Мы упоминали

изъ числа другихъ соединеній серебра объ азотнокисломъ серебрѣ $AgNO_3$ или ляписѣ, затѣмъ говорили о іодистомъ и бромистомъ серебрѣ: эти три соединенія представляли для насъ интересъ своей свѣточувствительностью.

Мѣдь плавится еще труднѣе, нежели серебро (при 1054°); она легче серебра (d = 8,9); воздухъ и кислоты дѣйствуютъ на мѣдь, совершенно какъ на серебро. Еслибъ она встрѣчалась такъ же рѣдко, какъ и серебро, мы могли бы причислить ее къ благороднымъ металламъ. Со свойствами ея мы, вообще говоря, знакомы; мы часто пользовались ею въ опытахъ по гальванизму.

Висмутъ своимъ красноватобѣлымъ цвѣтомъ напоминаетъ, съ одной стороны, мѣдь, съ другой стороны, — серебро. Онъ образуетъ переходъ (съ точки зрѣнія химическихъ свойствъ) отъ группы свинца къ слѣдующей группѣ наиболѣе тяжелыхъ и постоянныхъ металловъ. По своимъ химическимъ свойствамъ, онъ напоминаетъ серебро и мѣдь; но плавится онъ при сравнительно низкой температурѣ (268°). Онъ отличается весьма значительной плотностью (9,82) и въ этомъ отношеніи занимаетъ промежуточное мѣсто между серебромъ и мѣдью. При изученіи магнетизма (діамагнетизмъ) мы обращали вниманіе и на свойства этого металла.

Группу наиболѣе тяжелыхъ и постоянныхъ металловъ начинаетъ собой олово. Оно плавится еще легче висмута (при 233°) и соотвѣтственно этому легче его (d = 7,3), стало быть, оно приблизительно равно плотности желѣза. Его химическое сродство къ кислороду, напротивъ того, значительно меньше, чѣмъ въ металлахъ группы желѣза и свинца. Указанные нами металлы группы свинца не вступаютъ въ соединеніе ни съ сѣрной, ни съ соляной кислотой, но азотная кислота на нихъ дѣйствуетъ. Въ подогрѣтой соляной кислотѣ олово немного растворяется,—подогрѣтыя кислоты дѣйствуютъ вообще сильнѣе кислотъ ненагрѣтыхъ; въ азотной же кислотѣ олово превращается въ кашеобразную массу. Оно обладаетъ красивымъ бѣлымъ цвѣтомъ, подобно серебру, но ломко; при разламываніи олова слышенъ особый характерный трескъ, указывающій на кристаллическое строеніе этого металла. Эта-то хрупкость мѣшаетъ широкому примѣненію этого металла, и только въ видѣ тонкихъ листочковъ станіоля, онъ примѣняется часто. Но за то, благодаря своей легкоплавкости, олово часто употребляется для покрытія легко окисляющихся на воздухѣ металловъ, для полуды; такъ покрываютъ оловомъ желѣзные листы, это такъ называемая жесть: она находитъ себѣ теперь большое и разнообразное примѣненіе. Сѣрнистое олово, SnS_2 вещество золотистаго цвѣта, употребляется для бронзированія предметовъ.

Золото является наиболѣе благороднымъ изъ всѣхъ металловъ; оно сочетаетъ въ себѣ всѣ наиболѣе цѣнныя свойства металловъ. На воздухѣ оно совершенно постоянно, оно не растворяется ни въ одной изъ простыхъ кислотъ; оно растворяется лишь въ царской водкѣ, извѣстной смѣси соляной и азотной кислотъ. Оно плавится лишь при 1045°, очень тяжело (d = 19,3), но чрезвычайно тягуче и потому можетъ быть употребляемо на всякаго рода подѣлки. Можно получить столь тонкую золотую проволоку, что три метра ея будутъ вѣсить всего лишь 1 мг.; золото можно прокатывать въ очень тонкіе листки. По большей части, золото встрѣчается въ самородномъ состояніи; благодаря его тяжести, его можно отдѣлить отъ болѣе легкой почвы, въ которой оно находилось, простымъ промываніемъ. Извѣстно лишь небольшое число его соединеній, да и то получаются они путемъ не прямого присоединенія элементовъ; при нагрѣваніи они легко отдаютъ заключающееся въ нихъ золото. Объ одномъ изъ соединеній золота трехлористомъ золотѣ $AuCl_3$ мы уже говорили. Извѣстно также гремучее золото; это соединеніе того же состава, что и гремучее серебро и гремучая ртуть, но въ виду того, что оно еще легче отдаетъ газы, заключенные въ немъ въ связанномъ состояніи, оно взрываетъ гораздо быстрѣе ихъ.

Платина обладаетъ свойствами благороднаго металла еще въ большей мѣрѣ, нежели золото; но ей недостаетъ его красиваго цвѣта: платина сѣровато-бѣлаго цвѣта и обладаетъ матовымъ блескомъ. Точка плавленія платины лежитъ

при 1775°; платина, стало быть, гораздо труднѣе, чѣмъ золото, поддается дѣйствію жара, и удѣльный вѣсъ ея больше (d = 21,45). На нее не дѣйствуетъ ни одна кислота, даже плавиковая, которая, какъ извѣстно, разъѣдаетъ стекло; такимъ образомъ платину, наряду съ платиновыми металлами и углеродомъ, мы должны причислить къ наиболѣе постояннымъ веществамъ. Платина встрѣчается почти столь же рѣдко, какъ и золото; стоимость ея равна приблизительно двумъ третямъ цѣны золота. Соединенія ея получаются окольными путями. Только хлористую платину, $PtCl_4$ можно получить путемъ прямого растворенія платины въ нагрѣтой царской водкѣ; при помощи этого раствора можно образовать уже и другія соединенія. Изъ этого раствора можно осадить соль, которая, будучи нагрѣта, дастъ платину въ чрезвычайно измельченномъ состояніи; это и будетъ такъ называемая губчатая платина, о сильномъ дѣйствіи которой, обусловленномъ ея скважностью, мы уже имѣли случай говорить (стр. 119). Въ присутствіи ея могутъ образовываться такія соединенія, полученіе которыхъ при иныхъ условіяхъ немыслимо, этотъ фактъ лишній разъ показываетъ, что химическое сродство веществъ въ значительной мѣрѣ обусловливается относительными разстояніями между ихъ молекулами. Другое соединеніе платины, платиновосинеродистый барій, какъ мы видѣли, имѣетъ весьма важное значеніе, въ виду его свойства превращать свѣтъ, обусловленный короткими волнами, въ свѣтъ меньшей преломляемости; соединеніе это такимъ образомъ позволяетъ намъ видѣть ультрафіолетовые лучи. Мы помнимъ также, что экраномъ, пропитаннымъ этимъ веществомъ, пользуются при изслѣдованіи рентгеновыми лучами—на такомъ экранѣ и получаются рентгеновы изображенія предметовъ.

Какъ мы уже не разъ говорили, платинѣ сопутствуетъ пять подобныхъ ей металловъ; хотя металлы эти встрѣчаются въ природѣ очень рѣдко, мы скажемъ о каждомъ изъ нихъ нѣсколько словъ, въ виду того интереса, какой они для насъ представляютъ.

Самымъ легкимъ изъ этихъ металловъ является палладій; удѣльный вѣсъ его равенъ всего 11,8; такимъ образомъ палладій почти въ два раза легче платины; атомный вѣсъ его (106) также значительно меньше атомнаго вѣса платины (194). Кислоты дѣйствуютъ на него сильнѣе, чѣмъ на платину; такъ, онъ растворяется уже въ азотной кислотѣ. По внѣшнему виду онъ почти ничѣмъ не отличается отъ платины. Онъ гибокъ, а потому изъ него стали въ послѣднее время изготовлять часовыя пружины; прежде онѣ дѣлались изъ золота. Палладій при изготовленіи такихъ пружинъ слѣдуетъ предпочесть золоту по слѣдующимъ соображеніямъ: онъ легче золота, обладаетъ меньшимъ коэффиціентомъ расширенія и подъ вліяніемъ температурныхъ измѣненій измѣняется болѣе равномѣрно, чѣмъ золото.

Родій — металлъ почти того же удѣльнаго вѣса, что и палладій (d = 12,1); атомный вѣсъ у нихъ почти одинаковъ (атомный вѣсъ родія 103). Но по отношенію къ высокимъ температурамъ и кислотамъ онъ является даже болѣе постояннымъ, чѣмъ сама платина; а потому въ этомъ отношеніи сильно отличается отъ палладія.

Очень похожъ на него рутеній (d = 12,3; атомный вѣсъ 101,7). Холодная царская водка на него почти не дѣйствуетъ; онъ растворяется только въ очень нагрѣтой царской водкѣ. Рутеній и родій получаются изъ ихъ соединеній, въ видѣ порошковъ, первый сѣроватаго, второй сѣраго цвѣта; оба металла могутъ быть также и сплавлены.

Палладій, родій и рутеній можно соединить въ одну подгруппу; платину, осмій и иридій—въ другую.

Плотность осмія и иридія почти равна плотности платины; то же самое можно сказать и объ ихъ атомныхъ вѣсахъ. Плотность осмія равна 22,5; его атомный вѣсъ 191; для иридія: d = 22,4; атомный вѣсъ 193.

Осмій получается въ видѣ чернаго порошка. Косвеннымъ путемъ можно образовать осміевую кислоту, OsO_4, продуктъ газообразный, интересный въ томъ отношеніи, что тутъ самое плотное изъ всѣхъ извѣстныхъ намъ веществъ въ соединеніи съ кислородомъ даетъ газъ.

Иридій лишь очень немногимъ уступаетъ ему въ плотности; подобно осмію, онъ болѣе тугоплавокъ, чѣмъ платина (плавится при 1900°); онъ не растворяется даже въ царской водкѣ, растворяющей платину. Среди металловъ осмій и иридій обладаютъ наименьшими коэффиціентами расширенія, а именно: 0,00000657 (осмій) и 0,00000683 (иридій). Отношеніе ихъ къ коэффиціенту расширенія стали равно приблизительно 11 : 7. Изъ всѣхъ извѣстныхъ веществъ только алмазъ да кремнеземъ расширяются меньше ихъ. Если вспомнить, что алмазъ горитъ гораздо легче, а кремній образуетъ цѣлый рядъ соединеній, то мы должны будемъ признать, что осмій и иридій по своему постоянству превосходятъ всѣ извѣстныя намъ тѣла. На этомъ мы окончимъ наше предварительное знакомство съ простыми тѣлами.

i) Металлическіе сплавы.

О смѣси иридія съ платиной мы говорили еще при разсмотрѣніи вопроса объ изготовленіи образцовыхъ мѣръ (стр. 78); эта смѣсь обладаетъ нѣсколько бо́льшимъ коэффиціентомъ расширенія, нежели чистый иридій (въ эту смѣсь входитъ обыкновенно не свыше 8—10 процентовъ иридія); при измѣненіи температуры можно легко опредѣлить самое ничтожное измѣненіе коэффиціента, и такимъ образомъ мы всегда имѣемъ возможность принять въ разсчетъ точную поправку на расширеніе. Эти смѣси двухъ металловъ носятъ названіе сплавовъ; если одинъ изъ смѣшиваемыхъ металловъ ртуть, то соединеніе ихъ называется амальгамой. На сплавы надо смотрѣть не какъ на механическія смѣси, а какъ на химическія соединенія; подобно растворамъ солей, о свойствахъ которыхъ мы подробнѣе будемъ говорить потомъ, они занимаютъ промежуточное положеніе между настоящими химическими соединеніями и простыми механическими смѣсями. Сплавъ часто обладаетъ такими свойствами, которыя не были присущи ни одному изъ сплавленныхъ веществъ; отдѣлить другъ отъ друга входящія въ сплавъ вещества прямо нельзя, но нельзя не замѣтить, что это отдѣленіе происходитъ здѣсь все-таки гораздо легче, чѣмъ въ случаѣ другихъ настоящихъ химическихъ соединеній, что объясняется незначительностью химическаго сродства сплавляемыхъ веществъ другъ къ другу. Тѣмъ не менѣе при сплавленіи металловъ часто можно наблюдать значительное выдѣленіе тепла, и въ этомъ случаѣ получаемый сплавъ тверже и плотнѣе, чѣмъ самая плотная изъ составляющихъ его частей, что указываетъ на высокую степень химическихъ притяженій между его молекулами. Но точка плавленія сплавовъ почти всегда ниже точки плавленія самаго легкаго изъ взятыхъ для сплава металловъ. Выгоды, представляемыя сплавами въ практическомъ отношеніи, сводятся отчасти къ ихъ легкоплавкости, отчасти къ сравнительно большой твердости. Вотъ наиболѣе употребительные изъ сплавовъ:

Хромъ въ электрической печи вступаетъ въ соединеніе со сталью и образуетъ необыкновенно твердый сплавъ. Другой сплавъ, никелевая сталь, почти въ два раза тверже обыкновенной.

Никкелевыя монеты изготовляются изъ сплава, въ который входитъ 25 процентовъ никеля и 75 мѣди. Сплавъ изъ $^1/_4$ никкеля, $^1/_4$ цинка и $^1/_2$ мѣди извѣстенъ подъ именемъ нейзильбера, или новаго серебра.

Латунь представляетъ собой сплавъ цинка съ мѣдью. Въ зависимости отъ того, будетъ ли одного изъ этихъ двухъ металловъ больше или меньше, чѣмъ другого, сплавъ этотъ будетъ называться желтой мѣдью, или томпакомъ.

Сплавъ мѣди съ оловомъ называется бронзой; въ зависимости отъ пропорціи сплавленныхъ металловъ, бронза будетъ пригодна то для литья пушекъ, то для литья колоколовъ.

Металлы, употребляемые для чеканки золотыхъ и серебряныхъ монетъ представляютъ собой сплавы соотвѣтственнаго металла съ мѣдью. Золото, пускаемое въ обращеніе, никогда не бываетъ чистымъ. Оно настолько мягко, что монеты или украшенія, сдѣланныя изъ чистаго золота, очень скоро стирались бы. Сплавы его гораздо тверже. Содержаніе золота указывается въ тысячныхъ доляхъ.

Сплавъ, состоящій изъ одной части свинца и двухъ частей олова, представляетъ собой такъ называемый паяльный металлъ; онъ очень легкоплавокъ (плавится при 196^0), и потому имъ пользуются для соединенія накрѣпко, для спаиванія, двухъ кусковъ металла.

Изъ желѣза и олова получается тотъ сплавъ, который извѣстенъ подъ именемъ жести.

Изъ свинца и сурьмы изготовляется типографскій металлъ, матеріалъ, изъ котораго отливаются буквы.

Изъ кадмія и висмута изготовляется такъ называемый ньютоновъ металлъ; онъ плавится уже при 95^0 (точка плавленія кадмія 320^0, а висмутъ плавится при 268^0). Еще легче плавится такъ называемый сплавъ Липовица, приготовляемый изъ кадмія, висмута, свинца и олова. Все это металлы легко плавкіе, но плавятся они тѣмъ не менѣе при температурахъ не ниже 200^0; сплавъ же ихъ превращается въ жидкость при 60^0 градусахъ, то есть уже въ горячей водѣ, поэтому при помощи его можно произвести цѣлый рядъ интересныхъ физическихъ опытовъ.

Сплавы со ртутью, сортучки, или амальгамы имѣютъ то сходство съ прочими сплавами, что твердость ихъ больше той, которой обладалъ каждый изъ металловъ, входящихъ въ составъ амальгамы; сплавъ ртути съ какимъ-либо другимъ металломъ обыкновенно твердъ, но точка плавленія амальгамъ лежитъ все же выше точки плавленія ртути. Ртуть образуетъ амальгамы почти со всѣми металлами; амальгамы эти имѣютъ самое разнообразное назначеніе. Одни изъ этихъ соединеній образуются на холоду, другія требуютъ для своего образованія сильнаго нагрѣванія, таковы амальгамы натрія и калія. Въ виду способности ртути извлекать изъ любыхъ смѣсей крупинки золота и серебра, она пріобрѣтаетъ большое значеніе при добываніи этихъ металловъ изъ измельченной уже руды. Полученную амальгаму прокаливаютъ, и ртуть улетучивается. Оловянной амальгамой раньше пользовались при изготовленіи зеркалъ, но въ настоящее время этотъ способъ почти совсѣмъ вытѣсненъ другимъ: блестящую заднюю поверхность образуетъ теперь тонкій слой серебра. Другими амальгамами пользуются при золоченіи и серебреніи черезъ огонь; ртуть изъ амальгамы, покрывающей предметъ, удаляется потомъ путемъ нагрѣванія.

k) Общіе выводы.

До сихъ поръ мы знакомились съ главными веществами и ихъ химическими свойствами въ томъ видѣ, въ какомъ они проявляются; но эти вещества и ихъ взаимодѣйствія образуютъ міръ. Мы привели также цѣлый рядъ фактовъ, въ которыхъ не такъ легко указать сразу закономѣрность и извѣстный порядокъ. Тѣ семьдесятъ восемь элементовъ, о которыхъ мы говорили, обладаютъ самыми разнообразными свойствами. Существуютъ элементы газообразные, жидкіе и твердые; но большинство ихъ можетъ быть переведено въ любое изъ трехъ аггрегатныхъ состояній; что же касается до остальныхъ, то можно думать, что съ успѣхами экспериментаторской техники удастся получить ихъ во всѣхъ трехъ состояніяхъ. Но переходъ этотъ совершается въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ не при одинаковыхъ обстоятельствахъ. Одни вещества измѣняютъ свое аггрегатное состояніе лишь при дѣйствіи температуръ, полученіе которыхъ представляетъ очень большія трудности; точка кипѣнія и точка плавленія такихъ элементовъ лежатъ далеко другъ отъ друга; другіе элементы, какъ, напримѣръ, мышьякъ, сразу переходятъ изъ твердаго состоянія въ газообразное. Цѣлый рядъ веществъ, находясь въ однихъ и тѣхъ же физическихъ условіяхъ, можетъ обладать различными свойствами; таковы аллотропическія видоизмѣненія такого рода веществъ. Примѣромъ подобныхъ веществъ могутъ служить кислородъ, углеродъ, сѣра и фосфоръ. Мы видѣли, что, когда соединяется нѣсколько элементовъ, свойства получающихся соединеній отличаются отъ свойствъ взятыхъ для образованія ихъ веществъ; въ этихъ же аллотропическихъ видоизмѣненіяхъ мы имѣемъ дѣло не съ соединеніемъ различныхъ веществъ, а съ соединеніемъ частичекъ одного и того же

вещества; то что получается представляетъ собой какъ бы совершенно новое вещество.

Какъ мы уже въ своемъ мѣстѣ сказали, аллотропическія видоизмѣненія вещества являются результатомъ неодинаковости группировокъ его атомовъ. Группы атомовъ, составленныя изъ различныхъ элементовъ, позволили намъ установить существованіе въ такихъ группировкахъ нѣкоторой закономѣрности: мы установили понятіе значности и фактъ опредѣленности вѣсовыхъ отношеній, которыя могутъ быть выражены при посредствѣ такъ называемыхъ „атомныхъ вѣсовъ". Но при всемъ томъ мы встрѣчаемъ такое множество отличныхъ другъ отъ друга случаевъ, что разобраться во всемъ этомъ можно далеко не сразу. Вообще говоря, большимъ атомнымъ вѣсамъ соотвѣтствуетъ и бо́льшій удѣльный вѣсъ вещества, то есть и бо́льшая плотность его. Но не во всѣхъ случаяхъ приходится наблюдать такое соотвѣтствіе; встрѣчаются исключенія, прямо поразительныя. Причины неодинаковости химическаго сродства тѣхъ или другихъ веществъ надо искать въ неодинаковости притяженій, существующихъ между атомами ихъ молекулярныхъ группъ; такимъ образомъ сродство веществъ въ большой мѣрѣ зависитъ отъ атомныхъ вѣсовъ, но этого соображенія недостаточно для установленія закономѣрности, которую мы ищемъ. Атомы кислорода и азота имѣютъ почти одинъ и тотъ же вѣсъ, но кислородъ легко вступаетъ въ соединеніе почти со всѣми веществами, азотъ же, несмотря на то, что онъ также газъ, представляетъ собой совершенно недѣятельное вещество: онъ соединяется съ немногими веществами, но и то лишь при особыхъ условіяхъ. Очень тяжелыя платиновые металлы такъ же недѣятельны, какъ газообразный и легкій азотъ. Водородъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ проявляетъ болѣе энергичную дѣятельность, нежели кислородъ: онъ даже вытѣсняетъ кислородъ, несмотря на то, что атомъ его въ шестнадцать разъ легче кислороднаго. Въ видѣ общаго правила можно замѣтить, что наиболѣе легкія вещества дѣйствуютъ, повидимому, и наиболѣе энергично.

Кромѣ того, много трудно объяснимыхъ особенностей представляютъ химическія соединенія. Углеродъ, напримѣръ, не плавится, но, если онъ соединенъ съ кислородомъ, то при сравнительно невысокой температурѣ, онъ превращается въ газъ и теперь, въ формѣ соединенія, можетъ образовать цѣлый рядъ самыхъ разнообразныхъ соединеній, тогда какъ, оставаясь простымъ веществомъ, элементомъ онъ абсолютно не дѣятеленъ. Самый тяжелый изъ металловъ, будучи соединенъ съ кислородомъ, превращается въ летучій газъ. Такой необыкновенно ядовитый газъ, какъ хлоръ, соединяется съ металломъ натріемъ и даетъ необходимую для здоровья поваренную соль. Напротивъ того, составныя части воздуха соединяются въ сильную, разрушающую всѣ вещества, кислоту. Впрочемъ, можно привести еще цѣлый рядъ другихъ удивительныхъ случаевъ. Но мы замѣчаемъ, что во всѣхъ этихъ разнообразныхъ дѣйствіяхъ, проявляемыхъ часто однимъ и тѣмъ же веществомъ, существуетъ своего рода закономѣрность; мы каждый разъ можемъ подмѣтить связь между этими дѣйствіями и физическими свойствами вещества, несмотря на заслоняющія ее до сихъ поръ второстепенныя обстоятельства. Лишь въ послѣднія десятилѣтія удалось открыть цѣлый рядъ такихъ взаимоотношеній; этотъ вопросъ будетъ изложенъ нами въ послѣдующихъ главахъ систематически; теперь же мы займемся обзоромъ органическихъ или углеродистыхъ соединеній.

3. Органическія, или углеродистыя соединенія.

Въ своемъ бѣгломъ обзорѣ соединеній, образуемыхъ извѣстными намъ химическими элементами, мы упомянули только о тѣхъ углеродистыхъ соединеніяхъ, которыя встрѣчаются въ неорганической природѣ. Подобно дереву, поднявшемуся изъ земли только однимъ стволомъ и развѣтвившемуся тысячами сучьевъ, углеродистыя соединенія отличаются по сравненію съ другими соединеніями такимъ разнообразіемъ, что съ ними не можетъ сравниться въ этомъ отношеніи хотя бы даже приблизительно ни одна другая область химіи. Тысячи разнообразнѣйшихъ комбинацій вещества, представляющихся намъ въ природѣ, всѣ эти газы,

масла, жиры, спирты, кислоты, фруктовые соки, сахаръ, крахмалъ, краски, эссенціи, обусловливающія запахъ цвѣтовъ, вредные и цѣлебные соки,—все это состоитъ, по большей части, только изъ трехъ элементовъ: изъ углерода, водорода и кислорода, то есть изъ угля и воды. Въ составъ соединеній, главнымъ образомъ, животнаго происхожденія, входитъ еще нѣсколько атомовъ азота; встрѣчаются также и фосфоръ, сѣра, желѣзо и т. д., но въ количествахъ совершенно ничтожныхъ по сравненію съ „органогенами“ (такъ называютъ раньше указанныхъ четыре элемента — С, Н, N, О). Нигдѣ ни въ одной области проявленій природы мы не находимъ столь убѣдительнаго доказательства того, что вся совокупность окружающихъ насъ разнообразныхъ явленій основывается на небольшомъ числѣ простыхъ причинъ. Углеродъ, вода и окружающій насъ повсюду азотъ обладаютъ въ сущности только однимъ важнымъ свойствомъ, свойствомъ протяженности, той протяженности, на которую мы смотрѣли, какъ на первое и необходимое свойство матеріи. Для возникновенія всѣхъ чудесъ, всѣхъ красотъ природы вполнѣ достаточно было различныхъ группировокъ этихъ атомовъ. Отсюда слѣдуетъ несомнѣннѣйшимъ образомъ, что особенности явленій обусловлены только группировками атомовъ вещества. Съ этой точки зрѣнія, изученіе многосложнаго строенія органическихъ соединеній, образованныхъ удивительно гармоническими сочетаніями всего лишь нѣсколькихъ элементовъ, имѣетъ глубокое значеніе и сопряжено съ тѣмъ особеннымъ интересомъ, котораго не хватаетъ неорганической химіи. Органическія соединенія обыкновенно раздѣляютъ на двѣ группы: на *жиры* и *ароматическія вещества*; замѣтимъ, что къ первой группѣ, съ химической точки зрѣнія, относятся не только тѣ тѣла, которыя у насъ въ обиходѣ называются жирными, а потому мы теперь не станемъ строго разграничивать обѣ группы; для научности такого разграниченія намъ необходимо будетъ сначала познакомиться съ характеромъ встрѣчающихся тутъ группировокъ. Мы увидимъ, что это раздѣленіе на группы совершенно произвольно и что придерживаемся мы его только по привычкѣ. Новѣйшая химія указываетъ слѣдующее простое и, повидимому, совершенно ясное опредѣленіе: такъ называемые жиры отличаются отъ ароматическихъ веществъ тѣмъ, что въ первыхъ атомы группируются *въ видѣ разомкнутой цѣпи*, тогда какъ во вторыхъ они группируются *кольцеобразно—замкнутой цѣпью*.

Послѣдующее изученіе соединеній позволитъ намъ лучше выяснить это различіе.

А. Жиры, или производныя метана.

а) Углеводороды.

Родоначальникомъ всѣхъ этихъ соединеній является такъ называемый *болотный газъ*, углеводородъ вида CH_4, который въ наукѣ носитъ названіе *метана*. Вотъ какъ построено это вещество:

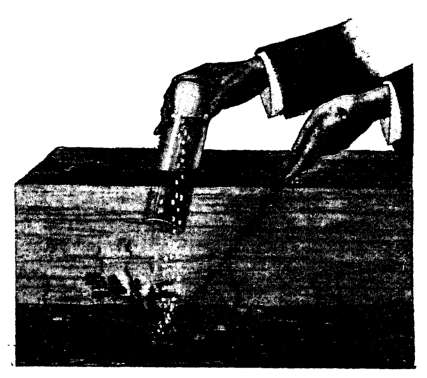
Въ послѣдующемъ изложеніи мы будемъ приводить только структурныя формулы: это позволитъ намъ сразу познакомиться даже съ молекулой, самаго сложнаго строенія, съ образованіемъ ея изъ отдѣльныхъ элементовъ, съ тѣмъ таинственнымъ процессомъ кристаллизаціи, который совершается въ мірѣ, навѣки сокрытомъ отъ нашего взора.

$$\begin{array}{ccc} & H & \\ & | & \\ H - & C & - H \\ & | & \\ & H & \end{array}$$

Болотный газъ получилъ свое названіе оттого, что онъ образуется при разложеніи животныхъ и растительныхъ остатковъ, находящихся на днѣ болотъ; онъ выдѣляется въ видѣ пузырей изъ болотнаго ила, и, какъ показываетъ нашъ рисунокъ на стр. 453, его можно тотчасъ же собрать. Мы уже знаемъ, что организованныя вещества состоятъ, по большей части, изъ углерода и водорода; отсюда ясно, что при разложеніи, продуктомъ котораго является болотный газъ, само это соединеніе, съ его простѣйшей группировкой атомовъ, можетъ уцѣлѣть. Метанъ представляетъ собой газъ безъ цвѣта и запаха; онъ переходитъ въ жидкое состояніе лишь при — 164^0; горитъ онъ безцвѣтнымъ пламенемъ; его смѣсь съ воздухомъ взрываетъ, какъ гремучій газъ. Это тотъ самый газъ, который взрываетъ въ рудникахъ. При сгараніи метана, молекула кислорода воздуха O_2 образуетъ съ

его углеродомъ угольную кислоту CO_2, а остальные четыре водородные атомы, присоединяютъ къ себѣ попарно по одному атому кислорода и образуютъ воду. $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$, это показываетъ намъ, что продуктъ разложенія тѣхъ сложныхъ соединеній, которыя мы собираемся изучать, снова возвратился въ область природы мертвой; углекислоту, которая содержится во многихъ горныхъ породахъ, мы также должны отнести къ числу соединеній неорганическихъ.

Этихъ двухъ элементовъ, углерода и водорода, изъ которыхъ образованъ метанъ, природѣ было достаточно для того, чтобы образовать длинные ряды веществъ, отличающихся самыми разнообразными свойствами. Это — углеводороды. Это могло произойти слѣдующимъ образомъ: самъ метанъ представляетъ собой соединеніе насыщенное; его молекулы не могутъ путемъ новыхъ группировокъ образовывать новыя соединенія; единственнымъ результатомъ соединенія ихъ будетъ увеличеніе количества того же метана. Природа вышла изъ этого затрудненія, создавъ изъ C и H два новыхъ псевдоэлемента, подобныхъ тѣмъ группамъ атомовъ, которыя носятъ названіе аммонія и ціана.



Собираніе болотнаго газа.
См. текстъ, стр. 452.

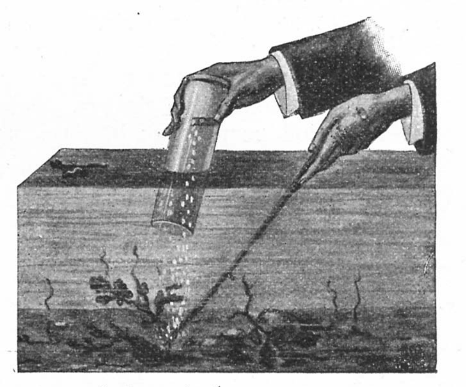
Атомъ перваго изъ этихъ новыхъ псевдоэлементовъ имѣетъ формулу CH_3, строеніе его—$-C{\lt}^{H}_{H}{-}H$; это одноатомное вещество называется метиломъ. Въ природѣ онъ можетъ существовать, какъ и большинство другихъ веществъ, только въ видѣ молекулы съ насыщенными единицами сродства; такая молекула въ данномъ случаѣ будетъ состоять изъ двухъ атомовъ. Эти два атома даютъ соединеніе вида C_2H_6, такъ называемый этанъ, формула строенія котораго выглядитъ такъ: $H_3{>}C{-}C{<}H_3$. Подобно метану, этанъ представляетъ собой также газообразное вещество, но онъ легче ожижается и горитъ свѣтящимся пламенемъ. Онъ въ два раза плотнѣе метана.

Другой псевдоэлементъ имѣетъ формулу CH_2, что можетъ быть представлено такъ: $^{H}_{H}{=}C{=}$; стало быть, это радикалъ двухатомный; онъ называется метиленомъ. Молекула этого псевдоэлемента построена подобно упомянутому нами этану. Формула ея, стало быть, напишется такъ: C_2H_4. Это соединеніе, этиленъ, — газъ, но только нѣсколько иной плотности, нежели этанъ; этиленъ горитъ свѣтящимся пламенемъ и кипитъ при—103^0.

Третьимъ радикаломъ, или псевдоэлементомъ является соединеніе CH, или $H{-}C{\equiv}$, то есть атомъ трехзначный: молекула его будетъ состоять изъ двухъ атомовъ и выразится такъ: $H{-}C{\equiv}C{-}H$ или C_2H_2. Это ацетиленъ, тотъ газъ, который, какъ освѣтительный матеріалъ, получилъ въ послѣднее время широкое распространеніе. При ознакомленіи съ неорганическими соединеніями (стр. 423) мы уже упомянули, что онъ получается изъ кальція-карбида при разложеніи этого препарата водой.

При помощи этихъ трехъ радикаловъ, природа строитъ множество различныхъ веществъ, которыя соединяютъ обыкновенно въ ряды, подъ именемъ рядовъ гомологовъ — рядовъ метана, этилена, ацетилена и т. п.

Первымъ членомъ ряда метана является этанъ C_2H_6, съ которымъ мы уже познакомились. Ближайшее къ этану соединеніе этого ряда получается путемъ прибавленія къ обоимъ атомамъ CH_3, молекулы этана по группѣ CH_2. Формула строенія этого члена ряда метана будетъ, стало быть, слѣдующая: $H_3{>}C{-}CH_2{-}C{<}H_3$, то есть C_3H_8. Это вещество называется пропаномъ и представляетъ собой также



Собираніе болотнаго газа.
См. текстъ, стр. 452.

горючій газъ. Если ввести сюда еще разъ группу атомовъ, CH_2, то получится бутанъ C_4H_{10}, его формула строенія будетъ имѣть такой видъ:

$$\begin{array}{c} \quad\;\; H \;\; H \\ H \diagdown \quad\; | \quad\, | \quad\; \diagup H \\ H - C - C - C - C - H \\ H \diagup \quad\; | \quad\, | \quad\; \diagdown H \\ \quad\;\; H \;\; H \end{array}$$

или въ нѣсколько болѣе простомъ видѣ то же соединеніе напишется такъ: $(CH_3)-(CH_2)_2-(CH_3)$.

Въ газообразномъ состояніи бутанъ еще горючъ; но онъ кипитъ уже при температурахъ, близкихъ къ нулю. Точно такимъ же путемъ образуются и остальныя соединенія этого ряда; мы вводимъ въ середину, по прежнему, группу CH_2, по бокамъ же цѣпи стоятъ, какъ и раньше, группы CH_3. Мы можемъ написать и общую для всѣхъ тѣлъ этого ряда формулу, заключающую въ себѣ указаніе на число содержащихся въ томъ или другомъ соединеніи углеродныхъ и водородныхъ атомовъ, она будетъ имѣть слѣдующій видъ C_nH_{2n+2}, гдѣ n представляетъ собой возрастающій рядъ натуральныхъ чиселъ.

Всѣ соединенія этого ряда—соединенія насыщенныя, все это такъ называемые предѣльные углеводороды. Они называются по числу заключающихся въ нихъ углеродныхъ атомовъ пентаномъ, гексаномъ, гептаномъ. Уже одни соединенія этой формы даютъ природѣ возможность построить чуть не безконечный рядъ различныхъ веществъ; этотъ рядъ, порядокъ, или гомологи идутъ и въ самомъ дѣлѣ, насколько удалось выяснить, довольно далеко. Къ этому порядку принадлежитъ также извѣстный всѣмъ парафинъ, вотъ почему его иногда называютъ также рядомъ парафина. Онъ представляетъ собой соединеніе различныхъ чистыхъ углеводородовъ и имѣетъ уже такую формулу $C_{20}H_{42}$. Чѣмъ больше заключается въ какомъ нибудь изъ гомологовъ этого ряда группъ CH_2, тѣмъ труднѣе онъ кипитъ; парафинъ, напримѣръ, кипитъ лишь при 360—370°. Такимъ образомъ, при обыкновенныхъ температурахъ парафинъ представляетъ собой твердое тѣло, употребляющееся, какъ извѣстно, на выдѣлку свѣчей: онъ превращается только при указанныхъ нами температурахъ въ газъ и можетъ служить освѣтительнымъ матеріаломъ. Парафинъ добывается изъ бураго угля и торфа; свое названіе онъ получилъ въ виду того, что онъ обладаетъ незначительнымъ сродствомъ къ большинству другихъ веществъ—по отношенію къ нимъ онъ недѣятеленъ; съ кислородомъ же, подобно всѣмъ остальнымъ углеводородамъ, онъ даетъ, сгарая, углекислоту и воду.

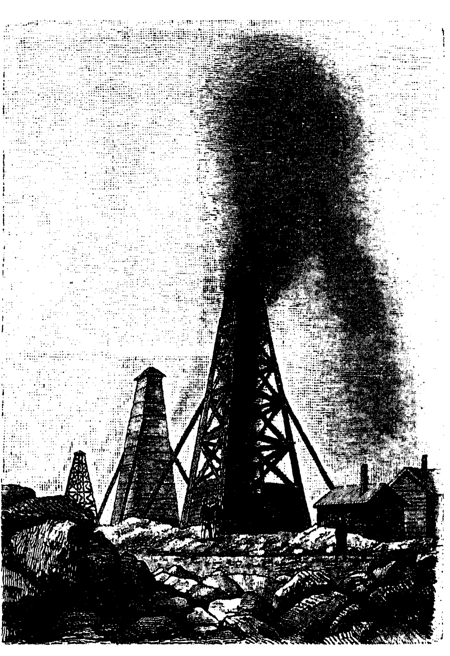
Прежде чѣмъ перейти къ другимъ рядамъ углеводородовъ-гомологовъ мы должны сдѣлать слѣдующее важное замѣчаніе. Двѣ метиленовыхъ группы—$-(CH_2)-(CH_2)-$ получаются изъ C_2H_4; но то же соединеніе можно представить также такъ: $=(CH)-(CH_3)=C_2H_4$. Это такое же двуатомное соединеніе, какъ и предыдущее и углеродныхъ и водородныхъ атомовъ содержится въ немъ ровно столько же, столько ихъ было и въ томъ. Такимъ образомъ можно вставить это соединеніе въ формулу бутана вмѣсто находящихся въ немъ двухъ CH_2; мы получимъ, стало быть, для бутана двѣ формулы: одну, извѣстную уже намъ $(CH_3)-(CH_2)_2-(CH_3)$, другую вида: $(CH)\equiv(CH_3)_3$. Итакъ, существуютъ два бутана, въ которыхъ процентное содержаніе водорода и углерода одно и то же, но другъ отъ друга они отличаются: такъ, по крайней мѣрѣ, должно быть, если правильно то воззрѣніе, согласно которому простая перемѣна порядка атомовъ въ молекулѣ вещества обусловливаетъ и измѣненіе ея свойства. Въ дѣйствительности такъ оно и есть. Оба извѣстныхъ намъ бутана отличаются другъ отъ друга плотностью и кипятъ при разныхъ температурахъ; бутанъ, соотвѣтствующій первой формулѣ, кипитъ при $+1^0$, бутанъ, соотвѣтствующій второй,—при -17^0. Въ виду всего сказаннаго, не можетъ быть и больше двухъ бутановъ, что и оправдывается на самомъ дѣлѣ. Такое одновременное существованіе двухъ различныхъ состояній для одного и того же тѣла, носитъ названіе изомеріи, а самыя состоянія тѣла—изомерами. Мы видимъ отсюда, насколько этотъ фактъ важенъ для нашихъ воззрѣній на строеніе вещества въ предѣлахъ міра атомовъ.

На основаніи сказаннаго, мы можемъ вычислить, не прибѣгая къ опытамъ.

сколько можетъ имѣть изомеровъ то или иное органическое соединеніе. Возьмемъ, напримѣръ, такую формулу какъ $C_6 H_{14}$; она можетъ быть написана пятью различными манерами, и, дѣйствительно, существуетъ пять различныхъ органическихъ соединеній этой формулы; они обладаютъ неодинаковыми свойствами и особенно отличаются точками кипѣнія. Соединеніе вида $C_8 H_{18}$ можетъ имѣть 18 изомеровъ, но не всѣ восемнадцать найдены.

Позже мы будемъ подробно говорить объ отношеніяхъ между физическими и химическими явленіями, теперь же укажемъ, пользуясь этимъ случаемъ, лишь на то, что точка кипѣнія тѣлъ будетъ тѣмъ ниже, чѣмъ больше въ этихъ соединеніяхъ удерживаетъ какое нибудь звено другихъ звеньевъ при помощи тѣхъ единицъ сродства, которыми оно располагаетъ.

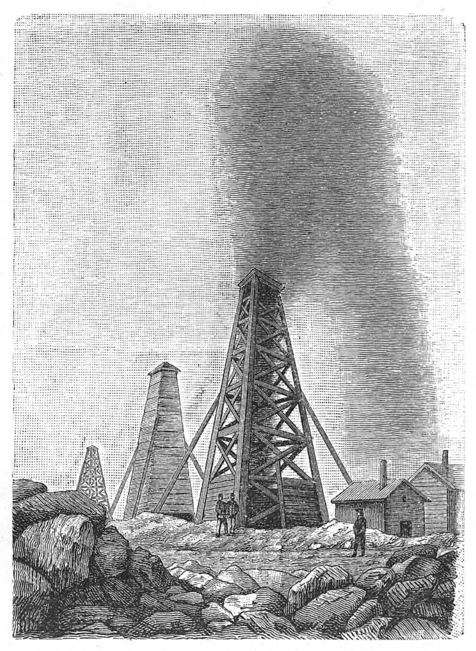
Теперь перейдемъ къ ряду этилена и напишемъ прежде всего формулу самого этилена въ нѣсколько упрощенномъ видѣ: $(CH_2) = (CH_2)$, или C_2H_4. На это соединеніе можно смотрѣть какъ на выдѣленную изъ этана середину его; въ этанѣ оно имѣетъ видъ $-(CH_2)-(CH_2)-$, то есть обладаетъ двумя свободными единицами сродства; нормальный бутанъ, напримѣръ, мы писали такъ: $(CH_3)-(CH_2)-(CH_2)-(CH_3)$. Послѣднее соединеніе можно было бы назвать этанэтиленомъ; оно должно получиться путемъ соединенія этана съ этиленомъ. Такъ называемыя ненасыщенныя соединенія могутъ легко присоединять къ себѣ при помощи второй свободной единицы сродства находящіеся внѣ ихъ атомы и такимъ образомъ вводить въ свой составъ приходящія съ ними въ соприкосновеніе одноатомныя вещества. Особенно обладаютъ этой способностью тѣ тѣла, у которыхъ три свободныхъ единицы сродства; таково, напримѣръ, $(CH) \equiv (CH)$: этимъ объясняется и его неустойчивость, о которой мы уже говорили. Этиленъ, или маслородный газъ, обладаетъ незначительной устойчивостью и потому легко соединяется съ другими веществами. Высшіе члены его ряда образуются путемъ прибавленія къ нему соотвѣтственное число разъ радикала CH_2.



Нефтяные фонтаны въ Баку. Вышки.
См. текстъ, стр. 457

Ближайшимъ къ этилену гомологомъ будетъ пропиленъ, $C_3 H_6$, далѣе слѣдуетъ бутиленъ, C_4H_8, потомъ амиленъ, гексиленъ и т. д. Общая формула членовъ этого ряда имѣетъ такой видъ: $C_n H_{n2}$. Къ высшимъ членамъ этого ряда принадлежитъ церотенъ $C_{27}H_{54}$, содержащійся въ воскѣ.

Слѣдующими по порядку гомологами будутъ гомологи ацетилена. Первый членъ ихъ имѣетъ формулу вида: C_2H_2 или $(CH) \equiv (CH)$. Тутъ соединеніе обѣихъ группъ произошло при помощи трехъ единицъ сродства; такимъ образомъ это вещество можетъ очень легко вступать въ другія соединенія; ацетиленъ поэтому представляетъ извѣстную опасность. Мы знаемъ его въ формѣ газа, горящаго яркимъ свѣтомъ: объясняется это тѣмъ, что въ немъ, по сравненію съ другими горючими газами, содержится углерода больше, чѣмъ въ любомъ изъ нихъ, а углеродъ вполнѣ сгораетъ лишь послѣ того, какъ будетъ накаленъ въ пламени. Общая формула этого ряда будетъ вида: $C_{n+2}H_{2n+2}$. Вторымъ гомологомъ является аллиленъ; для него надо положить въ общей формулѣ n равнымъ 1; для ацетилена n = 0. Въ аллиленѣ приходится такимъ образомъ на три углеродныхъ атома только четыре водородныхъ, а потому, для того, чтобы написать его формулу, надо одинъ углеродный атомъ устранить, тогда



Нефтяные фонтаны въ Баку. Вышки.
См. текстъ, стр. 457

получится $(CH) \equiv C - (CH_3)$. Слѣдующіе за нимъ гомологи носятъ названіе кротонилена, валерилена, гексоилена и т. д.

Ряды идутъ одинъ за другимъ въ томъ порядкѣ, какой былъ нами указанъ. Существуетъ, напримѣръ, рядъ діацетилена (C_nH_{2n-6}); тотъ членъ его, который соотвѣтствуетъ $n = 6$, то есть C_6H_6, носитъ названіе дипропаргила и имѣетъ такую формулу строенія: $(CH) \equiv C - (CH_2) - (CH_2) - C \equiv (CH)$. Мы видимъ тутъ двѣ тройныхъ связи, а потому это вещество, содержащее въ себѣ поровну углеродъ и водородъ, чрезвычайно непрочно.

Это вещество, C_6H_6, лежитъ уже на границѣ углеводородныхъ соединеній-жировъ. Точно такой же составъ имѣетъ бензолъ, который по отношенію къ рядамъ ароматическихъ соединеній является такимъ же первымъ членомъ, какимъ метанъ по отношенію къ жирамъ. Такимъ образомъ оба крупныхъ разряда органическихъ соединеній переходятъ совершенно незамѣтно другъ въ друга, и это дѣленіе соединеній на группы является довольно произвольнымъ, вызваннымъ только практическими соображеніями. Мы постоянно подчеркиваемъ въ этомъ сочиненіи, что границы между различными областями явленій природы, которыя мы привыкли проводить, положены не природой.

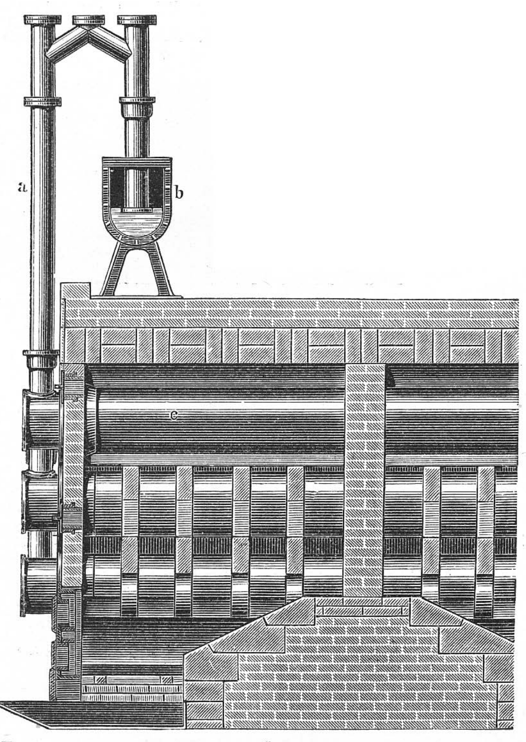


Печь и реторты для сухой перегонки каменнаго угля. См. текстъ, стр. 458.

Чистые углеводороды ряда жировъ, которыми мы занимались до сихъ поръ, представляютъ собой весьма значительную группу соединеній, несмотря на то, что въ составъ ихъ входитъ всего два элемента. Природа въ своей способности къ образованію новыхъ и новыхъ соединеній неистощима. Большинство перечисленныхъ нами углеводородовъ можетъ быть получено изъ каменнаго угля. Газъ, выходящій изъ нефтяныхъ колодцевъ, представляетъ собой смѣсь различныхъ углеводородовъ, низшихъ членовъ упомянутыхъ нами рядовъ; всѣ они имѣютъ очень низкую точку кипѣнія и потому при обыкновенныхъ температурахъ остаются въ состояніи газообразномъ. Газы эти выдѣляются изъ земли иногда въ огромномъ количествѣ; особенно сильно выдѣленіе этихъ газовъ въ нефтеносныхъ участкахъ Сѣверной Америки: тамъ городъ Питсбургъ освѣщается тѣмъ газомъ, который вытекаетъ изъ земли; тотъ же газъ приводитъ въ движеніе и машины на расположенныхъ вблизи города металлургическихъ заводахъ. Мы уже говорили, что этотъ газъ ничто иное, какъ метанъ, или болотный газъ, который встрѣчается въ каменноугольныхъ копяхъ, гдѣ онъ является причиной взрывовъ.

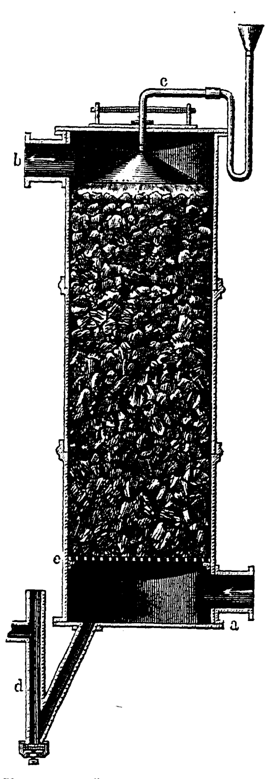
Иногда эти газы загораются на поверхности земли и образуютъ огромные огненные фонтаны, освѣщающіе окрестность на большомъ разстояніи; тепло, выдѣляемое ихъ лучами, такъ велико, что вокругъ ихъ растительность носитъ совершенно тропическій характеръ. Въ Баку, у подошвы Кавказскаго хребта, и въ другихъ мѣстахъ этого исключительнаго по богатству нефтяного мѣсторожденія съ незапамятныхъ временъ горятъ „вѣчные огни“, къ которымъ стекаются вѣрующіе на поклоненіе. Вокругъ нихъ построенъ храмъ, изъ куполовъ котораго постоянно вырываются огненные языки.

Подобно этимъ выдѣляющимся изъ земли газамъ, изъ смѣси различныхъ гомологовъ углеводородныхъ рядовъ состоятъ также горныя масла, нефть, керо-



Печь и реторты для сухой перегонки каменнаго угля. См. текстъ, стр. 458.

синъ и т. д. Въ газахъ, выдѣляющихся изъ земли, могутъ содержаться только низшіе гомологи, потому что летучестью характеризуются только они; въ нефти встрѣчаются, напротивъ того, и высшіе члены этихъ рядовъ вплоть до параффина; при перегонкѣ параффинъ выдѣляется въ видѣ твердыхъ массъ. Поэтому керосинъ не можетъ быть представленъ какой нибудь одной опредѣленной формулой; можно сказать только то, что онъ состоитъ изъ веществъ, образованныхъ по формуламъ $C_n H_{2n+2}$ и $C_n H_{2n}$ и что такимъ образомъ онъ представляетъ изъ себя смѣсь углеводородовъ рядовъ метана и этилена. Можно принять за правило, что въ болѣе глубокихъ слояхъ, то есть въ тѣхъ, которыя относятся къ болѣе раннимъ періодамъ развитія земли, образуются только низшіе гомологи, въ болѣе же позднихъ слояхъ—высшіе члены этихъ рядовъ или высшіе ряды. Американская нефть, которая добывается изъ-подъ очень глубокихъ слоевъ, содержитъ углеводороды только ряда метана, начиная съ этана, который является первымъ ея членомъ, вплоть до октана. Кавказская нефть, вытекая изъ слоевъ третичной формаціи, содержитъ въ себѣ, наоборотъ, углеводороды исключительно этиленнаго ряда, кончая параффиномъ. Нефтяносные слои въ Баку лежатъ всего на 40—50 м. ниже поверхности земли; занимая сравнительно небольшую площадь, они даютъ совершенно непостижимыя количества нефти; нефть вырывается изъ новой буровой скважины съ необычайной силой (давленіе нефти достигаетъ 12 атмосферъ) фонтанами, бьющими часто на 40 м. въ высоту (см. рисун. на стр. 455). Но въ бакинской нефти содержится по сравненію съ пеннсильванской немного керосина, потому что въ ней очень много высшихъ углеводородовъ указанныхъ нами рядовъ.

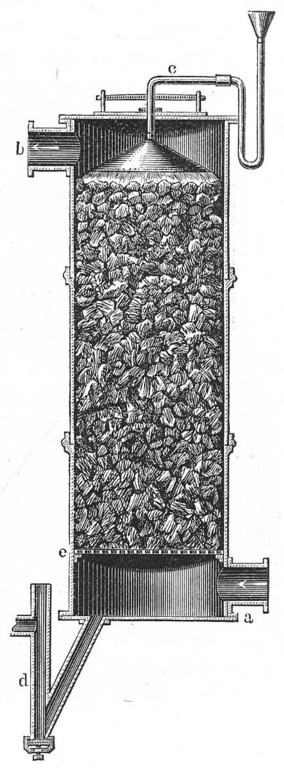


Коксовый цилиндръ для промыванія свѣтильнаго газа. См. текстъ, стр. 459.

Хорошо горящій керосинъ, не представляющій въ то же время опасности со стороны взрыва, долженъ представлять собой, какъ это легко видѣть, смѣсь углеводородовъ, не выходящихъ по мѣсту своему въ перечисленныхъ нами рядахъ за извѣстные предѣлы: низкіе гомологи весьма летучи и, будучи перемѣшаны въ этомъ газообразномъ состояніи съ кислородомъ воздуха, даютъ взрывчатую смѣсь; твердыя углеводородистыя соединенія по свѣтильнѣ ламповой горѣлки не подымаются и потому не приносятъ никакой пользы. Поэтому нефть необходимо подвергнуть тщательной перегонкѣ, очисткѣ. При такой перегонкѣ углеводородистыя соединенія, одинъ за другимъ, начиная съ низшихъ и далѣе вверхъ, обращаются въ газообразное состояніе; тѣ изъ нихъ, которыя имѣютъ то или другое примѣненіе, сгущаютъ снова; наконецъ, остаются только такіе твердые углеводороды, какъ параффинъ. При помощи такой **фракціонированной перегонки** можно получить разныя производныя отдѣльно одно отъ другого; такимъ путемъ можно отдѣлить такъ называемое легкое масло отъ тяжелаго.

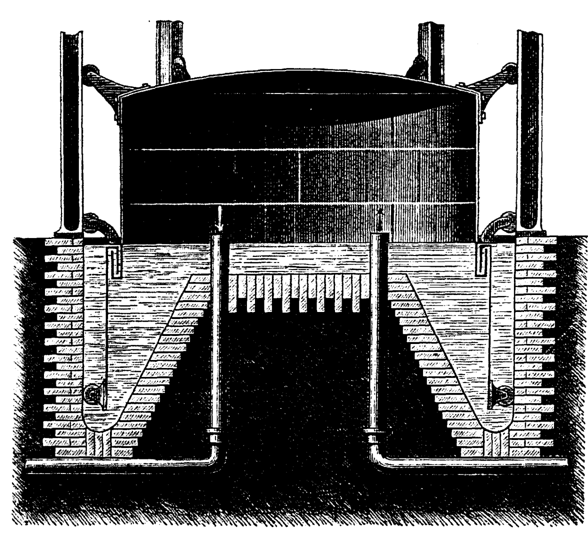
Но всѣ эти высшіе вязкіе или твердые углеводороды встрѣчаются не только въ нефти, они существуютъ въ природѣ и самостоятельно въ формѣ **асфальта** (минеральная смола) и **горнаго воска**, изъ котораго можетъ быть прямо полученъ параффинъ, или другой препаратъ, очень похожій на пчелиный воскъ.

Керосинъ можетъ получаться изъ каменнаго угля и иногда встрѣчается въ каменноугольныхъ копяхъ въ жидкомъ видѣ. Но между богатыми мѣсторожденіями керосина и каменноугольными копями, повидимому, нельзя установить никакой связи, а потому надо предположить, что происхожденіе этихъ обоихъ естественныхъ продуктовъ не одно и то же. Относительно каменнаго угля, бураго угля и торфа мы знаемъ, что это превратившіеся въ уголь остатки растеній, ткани ко-



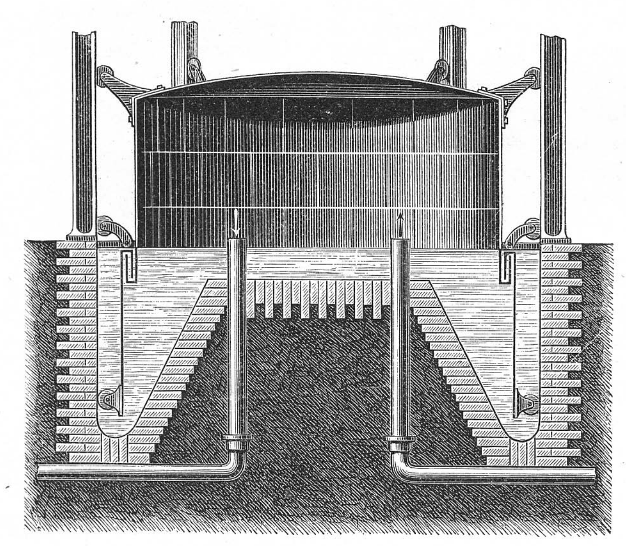
Коксовый цилиндръ для промыванія свѣтильнаго газа. См. текстъ, стр. 459.

торыхъ строятся, главнымъ образомъ, изъ углеводородовъ, а потому не надо удивляться и тому, что керосинъ встрѣчается въ каменноугольныхъ копяхъ. Въ Баку же мы имѣемъ мѣсторожденіе колоссальныхъ количествъ нефти въ такихъ пластахъ, въ которыхъ не находили никакихъ органическихъ остатковъ, кромѣ нѣсколькихъ отдѣльныхъ окаменѣлостей. На большомъ протяженіи вокругъ Баку не имѣется каменноугольныхъ залежей. Можно было бы предположить, что нефть, подобно водѣ, пролагаетъ себѣ дорогу подъ землей, и что поэтому найти настоящее мѣсторожденіе ея далеко не легко. Но всѣ данныя говорятъ въ пользу того, что нефть представляетъ собой продуктъ разложенія веществъ животнаго происхожденія, которыя также содержатъ въ себѣ въ большомъ количествѣ углеводороды. Мы можемъ и въ настоящее время наблюдать образованіе нефти на Мертвомъ морѣ: тамъ она образуется путемъ разложенія въ водѣ еще живущихъ, но мало-по-малу умирающихъ кораlловъ и вытекаетъ изъ земли изъ трещинъ и отверстій. Далѣе затѣмъ интересенъ тотъ фактъ, что нефть встрѣчается почти всегда по сосѣдству съ каменной солью или же, по крайней мѣрѣ, не далеко отъ соляныхъ залежей; а это показываетъ, что она имѣетъ извѣстное отношеніе къ прежнимъ обитателямъ морей.


Разрѣзъ газометра. См. текстъ, стр. 459.

Наиболѣе извѣстнымъ изъ продуктовъ, получаемыхъ изъ каменнаго угля, является свѣтильный газъ, который также содержитъ въ себѣ смѣсь углеводородовъ, но, по большей части, онъ на половину состоитъ изъ водорода (45 процентовъ); въ немъ только 35 процентовъ метана, болотнаго газа. Но оба эти газа даютъ несвѣтящееся пламя, потому что въ смѣси ихъ содержится слишкомъ мало углерода (см. стр. 441). Только около 5 процентовъ его составляютъ тѣ углеводороды ацетиленнаго и этиленнаго рядовъ, которые дѣлаютъ его свѣтящимся; остатокъ, то есть около 15 процентовъ, состоитъ изъ примѣсей, для освѣщенія совершенно безполезныхъ; таковы: окись углерода, азотъ и углекислота; изъ этихъ трехъ газовъ горитъ только окись углерода.

Говоря о свѣтильномъ газѣ, у мѣста будетъ сказать и нѣсколько словъ о приготовленіи свѣтильнаго газа. Употребляемый для полученія этого газа уголь, въ зависимости отъ того мѣста, откуда онъ взятъ, характеризуется весьма неодинаковымъ содержаніемъ нужныхъ намъ газовъ: разные сорта угля отличаются по своему составу такъ, какъ различныя сорта нефти. Лучшимъ матеріаломъ для полученія свѣтильнаго газа, если оставить въ сторонѣ вопросъ о внѣшнихъ свойствахъ того или другого сорта угля, дѣлающихъ почему-либо его переработку особенно удобной, будетъ тотъ, въ которомъ содержится наибольшее количество производныхъ ацетиленнаго ряда: въ нихъ содержится много углерода, и потому при сгараніи они даютъ особенно яркое пламя. Въ ньюкестльскомъ углѣ эти производныя содержатся въ размѣрѣ 10 процентовъ, въ нѣмецкомъ ихъ только 5 процентовъ. Газообразные продукты угля сначала выдѣляютъ изъ сырого матеріала путемъ сухой перегонки; для этого измельченный уголь помѣщаютъ въ особыхъ ретортахъ (см. рисунокъ, стр. 456) и тамъ накаливаютъ безъ доступа воздуха почти до бѣлаго каленія. Въ ретортахъ остается коксъ, а газы выходятъ изъ ретортъ черезъ трубу a; но въ этомъ видѣ они еще не пригодны



Разрѣзъ газометра. См. текстъ, стр. 459.

для освѣщенія: наряду съ перечисленными нами газами въ нихъ содержится еще много тѣхъ соединеній, которыя въ совокупности даютъ каменноугольный деготь, а, кромѣ того, еще и сѣрнистый водородъ, амміакъ и водяной паръ.

Эти вещества образуютъ при сгораніи ядовитые газы и потому должны быть, заранѣе удалены изъ этой смѣси. Вода и деготь остаются въ колѣнѣ b, въ которое сперва направляются газы, выдѣлившіеся изъ ретортъ. Отсюда газъ переходитъ въ такъ называемый конденсаторъ, состоящій изъ системы трубъ, въ которыхъ онъ охлаждается и освобождается отъ послѣднихъ примѣсей дегтя и амміака; амміакъ поглощается водой, находящейся въ холодильникѣ. Затѣмъ газъ уже переходитъ въ такъ называемый промывательный цилиндръ (см. рисунокъ на стр. 457), въ которомъ находится коксъ k; этотъ коксъ постоянно орошается водой при помощи особаго находящагося надъ нимъ приспособленія. При этомъ свѣтильный газъ очищается отъ амміака почти совсѣмъ, оставляя въ коксѣ и всѣ остальныя вредныя примѣси. Но газъ, идущій изъ b, все же содержитъ въ себѣ сѣроводородъ; сѣроводородъ долженъ быть непремѣнно удаленъ и по возможности совсѣмъ, потому что продуктъ его горѣнія, сѣрнистая кислота, чрезвычайно вредна. Это достигается путемъ пропусканія газа черезъ рядъ ящиковъ, черезъ очистительный снарядъ; газъ проходитъ тутъ послѣдовательно черезъ рядъ веществъ, взятыхъ въ измельченномъ видѣ, и оставляетъ въ нихъ свой сѣроводородъ; для этой цѣли обыкновенно пользуются опилками, смѣшанными съ известью и желѣзнымъ купоросомъ. Окончательно очищенный газъ, совершенно готовый теперь къ употребленію, переходитъ по трубѣ a въ газометръ b (см. рисунокъ, на стр. 458), большой желѣзный колоколъ, внизу котораго находится вода; онъ опущенъ своими краями въ воду и, по мѣрѣ возрастанія или уменьшенія давленія, можетъ быть приподнятъ или опущенъ. Отсюда уже свѣтильный газъ подъ опредѣленнымъ давленіемъ идетъ въ городскія трубы. Побочными продуктами при фабрикаціи свѣтильнаго газа являются: коксъ, который употребляется, какъ топливо, а также деготь; раньше на этотъ продуктъ не обращали никакого вниманія, теперь изъ него изготовляется цѣлый рядъ такихъ веществъ, которыя представляютъ для насъ интересъ во многихъ отношеніяхъ; наконецъ, послѣднимъ продуктомъ является амміачная вода, нашатырный спиртъ.

b) Спирты.

Мы будемъ получать цѣлые ряды новыхъ и по большей части очень интересныхъ и важныхъ веществъ, если станемъ присоединять къ членамъ углеводородныхъ гомологовъ по одному атому кислорода. Такъ изъ метана, изъ болотнаго газа (CH_4), получится древесный спиртъ CH_4O, изъ летучаго этана, C_2H_6, этиловый спиртъ, C_2H_6O, то есть обыкновенный алкоголь, или винный спиртъ. Для того, чтобы въ формулѣ строенія древеснаго спирта оказались насыщенными всѣ единицы сродства, мы должны придать ей такой видъ: $(CH_3)-O-H$. Эти два послѣднія звена формулы $-OH$, которыя мы уже раньше называли воднымъ остаткомъ, или гидроксиломъ, этотъ одноатомный радикалъ является характерной группой для всѣхъ спиртовъ. Формула виннаго спирта напишется такъ: $(CH_3)-(CH_2)-OH$; съ теоретической точки зрѣнія можно построить столько спиртовъ, сколько существуетъ извѣстныхъ намъ углеводородовъ. На самомъ дѣлѣ и удалось построить большое число такихъ алкоголей, изъ которыхъ наиболѣе извѣстны древесный спиртъ, винный спиртъ и сивушное масло. Для того, чтобы схема строенія этихъ соединеній выяснилась еще лучше, произведемъ рядъ такихъ спиртовъ:

			Точка кипѣнія	Изготовляется изъ:
Метиловый спиртъ (древесный спиртъ) . . .	CH_4O	$=(CH_3)\quad -OH$	66^0	дегтя.
Этиловый спиртъ (винный спиртъ)	C_2H_6O	$=(CH_3)-(CH)_2-OH$	78	сахара.
Пропиловый спиртъ . .	C_3H_8O	$=(CH_3)-(CH_2)_2-OH$	97	сивушнаго масла.
Амиловый спиртъ (сивушное масло) . . .	$C_5H_{12}O$	$=(CH_3)-(CH_2)_4-OH$	132	картофельн. спирта.
Гептиловый спиртъ . .	$C_7H_{16}O$	$=(CH_3)-(CH_2)_6-OH$	175	рициноваго масла.
Цетиловый спиртъ . .	$C_{16}H_{34}O$	$-(CH_3)-(CH_2)_{15}-OH$	344	спермацета.

Мы видимъ, что и тутъ, въ этихъ спиртахъ, возрастаніе числа группъ CH_2 обусловливаетъ повышеніе точки кипѣнія; такимъ образомъ соединенія эти становятся все болѣе и болѣе устойчивыми и недѣятельными.

Для формулъ строенія спиртовъ характерной группой является CH_2–OH; ее называютъ поэтому группой спирта.

При образованіи въ соединеніи двухъ и трехъ такихъ группъ будутъ получаться новые спирты, двуатомные, и трехатомные; къ числу ихъ принадлежитъ также и глицеринъ, $C_3H_8O_3$, формула строенія котораго имѣетъ такой видъ: $(CH_2{-}OH){-}(CH{-}OH){-}(CH_2{-}OH)$.

Мы не станемъ говорить объ общихъ свойствахъ главнаго представителя группъ спиртовъ, о свойствахъ виннаго спирта, считая ихъ общеизвѣстными. Въ химическомъ отношеніи слѣдуетъ отмѣтить только то обстоятельство, что винный спиртъ, или попросту алкоголь, соединяется съ водой совершенно такъ, какъ соединяются съ ней неорганическія кислоты. Алкоголь воды не отдаетъ; такъ называемый абсолютный, или безводный спиртъ, также содержитъ въ себѣ воду, химически съ нимъ связанную, которую путемъ перегонки отъ него отдѣлить нельзя. Другимъ важнымъ свойствомъ спирта является его способность къ растворенію многихъ веществъ, которыя въ водѣ не растворяются; при этомъ образуются настойки — тинктуры.

Глицеринъ представляетъ собой вязкую жирную маслянистую прозрачную жидкость; глицеринъ не горючъ. Чистый глицеринъ замерзаетъ при тѣхъ же температурахъ, что и вода; если же его смѣшать съ водой, то точка замерзанія значительно понижается; такую смѣсь можно охлаждать до -30^0 при этой температурѣ и она замерзаетъ. Это свойство глицерина является во многихъ случаяхъ весьма и весьма цѣннымъ. Наряду съ замерзаніемъ, слѣдуетъ отмѣтить особенности глицерина и при обращеніи его въ пары; чистый глицеринъ кипитъ при 290^0, глицеринъ же, содержащій воду, обращается въ паръ вмѣстѣ съ этой водой, какъ только она начнетъ испаряться. Въ фармаціи имъ пользуются при изготовленіи мазей; въ техникѣ онъ идетъ на приготовленіе массы для гектографовъ и т. д. Объ образованіи глицерина и алкоголей мы будемъ для большей ясности говорить потомъ.

Органическія вещества иногда вступаютъ въ соединеніе съ азотомъ и другими элементами; всѣ получающіяся такимъ образомъ производныя причисляются къ органическимъ соединеніямъ. Разсмотримъ одно изъ такихъ соединеній. Однимъ изъ наиболѣе извѣстныхъ и опасныхъ соединеній такого рода является нитроглицеринъ, или динамитъ $C_3H_5(NO_3)_3$. Мы видимъ, что въ немъ мѣсто трехъ гидроксильныхъ группъ, содержащихся въ глицеринѣ, заступаетъ три раза взятая группа NO_3, или такъ называемый остатокъ азотной кислоты. Формулу этого вещества во всей ея полнотѣ можно представить слѣдующимъ образомъ:

$$\begin{array}{l} {}^{H}_{H}{=}C{-}O{-}N{\equiv}{}^{O}_{O} \\ \quad\ | \\ H{-}C{-}O{-}N{\equiv}{}^{O}_{O} \\ \quad\ | \\ {}^{H}_{H}{=}C{-}O{-}N{\equiv}{}^{O}_{O} \end{array}$$

Мы видимъ, что въ нитроглицеринѣ атомы недѣятельнаго азота удерживаютъ столько кислородныхъ атомовъ, сколько имѣютъ единицъ сродства; отсюда ясно, что при малѣйшемъ толчкѣ всѣ эти кислородные атомы должны будутъ отъ нихъ отдѣлиться. Для этого нѣтъ надобности въ дѣйствіи какого либо другого вещества; достаточно, чтобы имѣющіеся налицо атомы приняли какую нибудь другую группировку, и тотчасъ это твердое вещество превратится въ газы: углекислоту, водяной паръ и свободный азотъ. При этомъ превращеніи объемъ вещества возрастаетъ, по сравненію съ прежнимъ, болѣе, чѣмъ въ тысячу разъ; этимъ и объясняется его взрывчатая сила.

c) Кислоты.

Если въ вещества, входящія въ составъ разсмотрѣнныхъ нами группъ, вводить по одному кислородному атому или же по большему числу такихъ атомовъ, то у насъ будутъ получаться органическія кислоты, которыя, въ свою очередь, образуютъ разнаго рода ряды. Подобно спиртамъ обладаютъ особой характерной

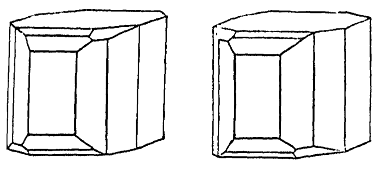
группой и органическія кислоты. Это такъ называемая карбоксильная группа, COOH; она одноатомна: $-C\equiv^{O}_{OH}$.

Вотъ какое мѣсто она занимаетъ въ нижеслѣдующемъ рядѣ простыхъ кислотъ:

Муравьиная кислота	CH_2O_2	или	$H-\quad -COOH$
Уксусная „	$C_2H_4O_2$	„	$H-CH_2-COOH$
Пропіоновая „	$C_3H_6O_2$	„	$H-(CH_2)_2-COOH$
Масляная „	$C_4H_8O_2$	„	$H-(CH_2)_3-COOH$
Валерьяновая „	$C_5H_{10}O_2$	„	$H-(CH_2)_4-COOH$
и т. д.			
Пальмитиновая „	$C_{16}H_{32}O_2$	„	$H-(CH_2)_{15}-COOH$
Стеариновая „	$C_{18}H_{36}O_2$	„	$H-(CH_2)_{17}-COOH$

Мы видимъ, что эти кислоты построены на основаніи того же принципа, что и предыдущія разсмотрѣнныя нами соединенія: во всѣ формулы входитъ неизмѣнно одна и та же группа, а число группъ вида CH_2 возрастаетъ все больше и больше. Кромѣ того, существуютъ кислоты съ большимъ, нежели эти, числомъ карбоксильныхъ группъ. Таковы: щавелевая кислота $C_2H_2O_4$, или $(COOH)_2$, янтарная кислота $C_4H_6O_4$, или $(CH_2)_2-(COOH)_2$, далѣе яблочная кислота $C_4H_6O_5$ и винная $C_4H_6O_6$.

Эти соединенія обладаютъ, съ химической точки зрѣнія, тѣмъ большей кислотностью, чѣмъ больше въ нихъ отношеніе числа кислородныхъ атомовъ къ числу атомовъ другихъ веществъ. Муравьиная кислота, стало быть, самая сильная. Она вырабатывается въ муравьяхъ и крапивѣ, въ видѣ того ѣдкаго сока, который намъ извѣстенъ по причиняемому ими намъ болѣзненному ощущенію. Въ смѣси съ другими веществами она часто встрѣчается какъ въ животномъ, такъ и растительномъ царствѣ; таковъ, напр., нашъ потъ. Чистая муравьиная кислота представляетъ собой подвижную, очень кислую жидкость, обладающую особымъ характернымъ запахомъ; она переходитъ въ твердое и газообразное состояніе почти при тѣхъ же температурахъ, что и вода. Въ смѣси съ большимъ количествомъ спирта она употребляется, какъ лѣкарство, подъ названіемъ муравьинаго спирта. Съ металлами она образуетъ, подобно кислотамъ неорганическимъ (муравьинокислыя) соли.



Асиметричные кристаллы винной кислоты. См. текстъ, стр. 462.

Еще большей извѣстностью пользуется уксусная кислота; въ разведенномъ видѣ безъ тѣхъ примѣсей, какія въ ней встрѣчаются или въ нее вводятся, она представляетъ собой нашъ обыкновенный уксусъ. Вмѣстѣ съ цѣлымъ рядомъ другихъ органическихъ соединеній она входитъ въ составъ отдѣленій нашихъ потовыхъ железъ; объ образованіи ея мы будемъ говорить потомъ. Она кристаллизуется при температурахъ, низшихъ нуля, но плавится лишь при +17, и потому въ этомъ видѣ носитъ названіе Acidum aceticum glaciale (glacies = ледъ). Масляная кислота называется такъ потому, что входитъ въ составъ масла; но въ маслѣ содержится, кромѣ нея, еще много другихъ кислотъ: большинство органическихъ соединеній представляетъ собой смѣси цѣлаго ряда соединеній, принадлежащихъ къ одному и тому же ряду или же относящихся къ сходнымъ рядамъ. Валеріановая кислота входитъ въ валеріановый корень; пальмитиновая и стеариновая находятся въ натуральныхъ жирахъ. Щавелевая кислота обусловливаетъ кислый вкусъ клевера; раньше она изъ него и добывалась, но въ настоящее время ее получаютъ изъ опилокъ. Такъ называемая кисличная соль представляетъ собой кислую калійную соль этой кислоты. Твердый продуктъ перегонки янтаря представляетъ собой янтарная кислота, которая встрѣчается также въ винѣ и мочѣ; она плавится при 180°. Извѣстны два изомера янтарной кислоты. То вещество, которое придаетъ незрѣлымъ яблокамъ и другимъ незрѣлымъ фруктамъ ихъ кислый вкусъ, называется яблочной кислотой; при созрѣваніи плодовъ она переходитъ въ сахаръ. На винной кислотѣ лучше и отчетливѣе, чѣмъ на яблочной, можно наблюдать въ высшей степени интересную ихъ особенность, дающую указаніе и на характеръ ихъ моле-

кулярнаго строенія: растворы ея въ различной степени вращаютъ плоскость поляризаціи свѣта. Существуютъ двѣ различныхъ винныхъ кислоты, такъ называемая правая, вращающая плоскость поляризаціи вправо, и лѣвая, вращающая ее влѣво. Обѣ онѣ имѣютъ одинъ и тотъ же химическій составъ, разница же въ ихъ дѣйствіяхъ на свѣтовой лучъ обусловливается неодинаковостью строенія ихъ молекулъ. Можно высказать такого рода общее, основанное на опытѣ соображеніе: всѣ вещества, въ которыхъ углеродный атомъ связываетъ четыре различныхъ группы атомовъ, вращаютъ плоскость поляризаціи. Формула строенія винной кислоты напишется поэтому слѣдующимъ образомъ:

$$\begin{array}{l} H-C\begin{array}{l}-OH\\-COOH\end{array}\\ \quad\;\; | \\ H-C\begin{array}{l}-COOH\\-OH\end{array}\end{array}$$

Мы видимъ, что каждый изъ двухъ, не входящихъ въ карбоксилы, углеродныхъ атомовъ связываетъ собой четыре различныхъ атома или группы. Такіе углеродные атомы носятъ названіе ассиметрическихъ. О тѣсной связи, существующей между этого рода химическими данными вещества и его оптической способностью вращенія плоскости поляризаціи, мы будемъ говорить лишь въ 7-ой главѣ. Но мы упомянемъ теперь же объ одномъ въ высшей степени интересномъ фактѣ. Дѣло въ томъ, что можно образовать такую соль винной кислоты, которая будетъ кристаллизоваться въ кристаллахъ указанной выше формы. Оба кристалла почти совершенно одинаковы, но, съ одной стороны, они срѣзаны, такъ что одинъ изъ нихъ представляетъ собой какъ бы зеркальное изображеніе другого (см. черт., стр. 461). Мы знаемъ, что какъ ни поворачивать такого рода тѣла, они никогда не совпадутъ. Если теперь приготовить растворы этихъ кристалловъ, то одинъ изъ нихъ будетъ вращать плоскость поляризаціи вправо, другой—влѣво. Теперь мы видимъ, какъ глубока зависимость между чудесными, поражающими нашъ глазъ своей красотой кристаллическими формами, и той атомной тканью молекулъ, которая вѣчно будетъ оставаться невидимой и доступной только умственному взору изслѣдователей, и физическими свойствами вещества. Природа въ указанномъ нами только что случаѣ съ винной кислотой даетъ ясное представленіе о томъ большомъ вліяніи, какое оказываетъ на физическія свойства вещества неполная симметрія его молекулъ.

Изъ соединеній винной кислоты укажемъ винный камень; онъ встрѣчается въ бочкахъ, въ которыхъ долго находилось вино. Онъ получается путемъ замѣщенія водороднаго атома кислоты однимъ атомомъ калія; формула его будетъ, стало быть, имѣть такой видъ: $C_4H_5O_6K$.

Совершенно такими же оптическими свойствами обладаетъ и другая кислота, молочная.

Лимонная кислота при обыкновенной температурѣ находится въ твердомъ состояніи; она имѣетъ пріятный кисловатый вкусъ. Она получается изъ лимоновъ и другихъ фруктовъ, сокъ которыхъ, даже когда созрѣваютъ, обладаетъ не вполнѣ сладкимъ вкусомъ, которые всегда чуть-чуть кислы; таковы, напримѣръ, смородина и крыжовникъ.

Содержащаяся въ провансковъ маслѣ олеиновая кислота имѣетъ 18 углеродныхъ атомовъ и только два кислородныхъ съ двойной связью. Отрывая ихъ и вводя вмѣсто нихъ водородные атомы, можно получить твердое тѣло, напоминающее собой стеаринъ. Олеиновая кислота застываетъ съ трудомъ, но растапливается она уже приблизительно при 14^0. Она принадлежитъ къ числу соединеній непредѣльныхъ, къ числу ненасыщенныхъ кислотъ: въ ней атомы углерода связаны только двумя единицами ихъ сродства, и потому она легко можетъ вступать въ дальнѣйшія соединенія.

Существуетъ еще цѣлый рядъ другихъ кислотъ, имѣющихъ самое разнообразное примѣненіе; таковы: льномасляная кислота, въ которой содержится двумя водородными атомами меньше, чѣмъ въ олеиновой, то есть кислота вида $C_{18}H_{32}O_2$, или же имѣющая однимъ атомомъ кислорода больше, клещевинная кислота.

d) Эѳиры, сложные эѳиры и жиры.

Эѳирами называются тѣ изомеры алкоголей, въ которыхъ нѣтъ гидроксильной группы. Такъ винному спирту (этиловому) $C_2H_6O =$

$(CH_3)-(CH_2)-OH$ соотвѣтствуетъ метиловый эѳиръ, $C_2H_6O = (CH_3)-O-(CH_3)$; бутиловому спирту $C_4H_{10}O = (CH_3)-(CH_2)_3-OH$ отвѣчаетъ этиловый эѳиръ (обыкновенный эѳиръ) $C_4H_{10}O = (CH_3)-(CH_2)-O-(CH_2)-(CH_3)$ и т. д.

Характернымъ для всѣхъ этихъ простыхъ эѳировъ является отдѣльный O, стоящій самостоятельно между различными группами.

Этиловый эѳиръ, называемый обыкновенно просто эѳиромъ, представляетъ собой подвижную, весьма легко загорающуюся жидкость (точка кипѣнія ея лежитъ приблизительно при 35⁰). Мы видимъ, что и тутъ группировка атомовъ оказываетъ большое вліяніе на физическія свойства соединеній; бутиловый алкоголь, имѣющій совершенно тотъ же атомный составъ, кипитъ при 116⁰. Кислородный атомъ, стоящій въ эѳирѣ отдѣльно, а въ алкоголяхъ связанный съ атомомъ водорода, показываетъ, что эѳиры, по сравненію со спиртами, обладаютъ меньшей устойчивостью. Эѳиръ обращается въ пары уже при обыкновенныхъ температурахъ, не вскипая; испареніе его вызываетъ значительное охлажденіе, вотъ почему онъ употребляется въ охладительныхъ смѣсяхъ; далѣе онъ употребляется еще, какъ анэстезирующее: его пары дѣйствуютъ гораздо лучше паровъ алкоголя, быстро приводя паціента въ безсознательное состояніе.

Если спиртъ подвергнуть дѣйствію кислоты, безразлично какой, минеральной или органической, то кислотный остатокъ (см. стр. 442) вступитъ въ соединеніе съ радикаломъ спирта и дастъ то, что называется сложнымъ эѳиромъ, который содержитъ въ себѣ одну или нѣсколько молекулъ воды. Эти сложные эѳиры отвѣчаютъ солямъ минеральныхъ соединеній. Мы видѣли, что въ каждомъ спиртѣ есть непремѣнно гидроксильная группа OH, а въ каждой органической кислотѣ — карбоксилъ, то есть радикалъ вида COOH. Соединеніе происходитъ слѣдующимъ образомъ: мѣсто H въ каждой карбоксильной группѣ заступаетъ спиртъ, отъ котораго отнятъ его водный остатокъ; водный же остатокъ, соединяясь съ отщепленнымъ отъ другой группы H, даетъ воду. Итакъ, у насъ получается вотъ что (мы беремъ уксусную кислоту и бутиловый спиртъ):

$$\begin{array}{ccccccccccccc} & H & & & & & & H & - & H & - & H & \\ & | & & & & & & | & & | & & | & \\ H- & C & - & C & -O- & H+H-O & - & C & - & C & - & C & -H \\ & | & & \| & & & & | & & | & & | & \\ & H & & O & & & & H & & H & & H & \end{array}$$

Уксусная кислота + Бутил. алкоголь =
Вода +
Уксуснобутиловый эѳиръ.

Такимъ путемъ можно изъ цѣлаго ряда спиртовъ и кислотъ образовать множество разныхъ сложныхъ эѳировъ, которые обладаютъ весьма интересными свойствами и играютъ въ природѣ выдающуюся роль. Такъ, напримѣръ, всѣ фруктовыя эссенціи ничто иное, какъ сложные эѳиры: ананасный эѳиръ представляетъ собой масляноэтиловый эѳиръ $C_4H_7OOC_2H_5 = C_6H_{12}O_2$; абрикосовый эѳиръ представляетъ изъ себя масляноамиловый эѳиръ $C_4H_7OOC_5H_{11} = C_9H_{18}O_2$; далѣе слѣдуетъ яблочный эѳиръ — это валеріаноамиловый эѳиръ $C_5H_9OOC_5H_{11} = C_{10}H_{20}O_2$; букетъ рейнскаго вина обусловливается содержаніемъ въ немъ энантовоэтиловаго эѳира $C_6H_{11}OOC_2H_5 = C_8H_{16}O_2$. Для сложныхъ эѳировъ также существуетъ своя характерная группа, а именно COO, которая обладаетъ двумя свободными единицами сродства.

Мы видимъ, что всѣ эти вещества, доставляющія намъ пріятныя вкусовыя и обонятельныя впечатлѣнія, построены только изъ тѣхъ трехъ элементовъ, которые содержатся въ водѣ и углѣ. Намъ кажется почти невѣроятнымъ, что всѣ эти разнородныя вещества, такъ ясно отличающіяся другъ отъ друга по запаху, образуются путемъ различныхъ группировокъ того или другого числа атомовъ немногихъ веществъ, которыя сами по себѣ не имѣютъ никакого вкуса и никакого запаха. Но химики сумѣли при помощи столь бѣднаго различными названіями матеріала, вновь построить всѣ фруктовыя эссенціи; и такимъ образомъ мы теперь въ этихъ чудесахъ уже не сомнѣваемся.

Сложные эѳиры образуютъ и многоатомные спирты; особое значеніе пріобрѣтаютъ среди нихъ сложные эѳиры, имѣющіе исходнымъ соединеніемъ глицеринъ, потому что изъ нихъ получаются жирныя масла (не ароматическаго ряда) и обыкновенные жиры. Мы видѣли, что формула глицерина пишется такъ: $C_3H_5(OH)_3$; тутъ, стало быть, мѣсто трехъ водныхъ остатковъ должны заступить три остатка кислотныхъ. Если мы заставимъ теперь глицеринъ вступить въ реакцію съ масляной кислотой, имѣющей видъ $C_3H_7(COOH)$, то получится въ результатѣ $C_3H_5(OC_4H_7O_3)+3H_2O$, то есть въ этомъ соединеніи будетъ содержаться одинъ разъ $C_3H_5O_3$, то есть глицеринъ безъ водородныхъ атомовъ трехъ его водныхъ остатковъ, и трижды C_3H_7CO, остатокъ бутиловой кислоты, а три отдѣленныхъ отъ него водныхъ остатка соединяются съ тремя H, отщепившимися отъ глицерина; полное названіе этого соединенія — масляноглицериновый эѳиръ; коротко его называютъ бутириномъ. Наше коровье масло состоитъ въ значительной степени изъ этого вещества, въ него входятъ, кромѣ того, и многія высшія производныя глицерина.

Всѣ остальные жиры и жирныя масла получаются точно такимъ же образомъ и потому общая формула ихъ ряда напишется такъ: $C_nH_{2n}-4O_6$.

Если масло долго стоитъ на воздухѣ, оно горкнетъ. Соединеніе, только что описанное, впитываетъ въ себя изъ воздуха отданную раньше воду, вслѣдствіе чего обѣ первоначальныхъ составныхъ части бутирина, глицеринъ и жирная кислота, другъ отъ друга отдѣляются. Горькій вкусъ придаетъ такому маслу изъ этихъ двухъ веществъ именно жирная кислота.

Ясно, что изъ смѣси различныхъ производныхъ глицерина, какую обыкновенно представляютъ собой натуральные жиры, мы можемъ выдѣлить то именно соединеніе, какое мы желаемъ получить; мы дѣлаемъ при этомъ совершенно то же, что и раньше, когда изъ смѣси многихъ углеводородовъ, образующихъ нефть, выдѣляли именно тѣ, которые намъ были нужны для полученія керосина. Поэтому мы не будемъ удивляться тому, что изъ жира, путемъ соотвѣтственной процедуры, можно получить искусственное масло, маргаринъ, которое употребляется въ пищу. Если оно изготовлено тщательно, то и по химическому своему составу оно не отличается отъ натуральнаго. Для того, чтобы было легче контролировать продажу маргарина, въ Германіи предписано закономъ примѣшивать къ такому, поступающему въ продажу искусственному маслу немного другого масла (кунжутнаго); эта прибавка не портитъ вкуса, и въ то же время можетъ быть легко обнаружена при помощи химическаго анализа.

Жиры, какъ извѣстно, въ водѣ совершенно нерастворимы, но если сдѣлать воду болѣе вязкой, что достигается путемъ прибавленія къ ней такихъ клейкихъ веществъ, какъ бѣлокъ или желатина, то жиръ можетъ распредѣлиться въ ней въ видѣ микроскопическихъ шариковъ. Такимъ путемъ образуются эмульсіи; молоко представляетъ собой натуральную масляную эмульсію; изъ бѣлка, заключающагося въ ней, образуется сыръ.

Существуютъ масла жидкія, мягкія и твердыя. Къ жидкимъ принадлежатъ всѣ собственно жирныя масла: прованское, деревянное, сурѣпное, льняное, орѣховое и маковое. Мягкіе жиры, сало, мы находимъ у плотоядныхъ животныхъ и птицъ, твердые же жиры — у травоядныхъ. Къ этой же группѣ относится стеаринъ; къ тому же разряду, къ жирамъ, надо отнести и воскъ, несмотря на то, что онъ не можетъ быть полученъ изъ глицерина, а представляетъ собой сложный эѳиръ болѣе высокаго порядка.

Изъ жировъ, путемъ соединенія жирныхъ кислотъ съ ѣдкимъ кали или натромъ, получается мыло. Всѣ натуральные жиры представляютъ собой соединенія различныхъ жирныхъ кислотъ (всѣ до сихъ поръ названныя органическія кислоты — кислоты жирныя) съ глицериномъ, а потому можно написать общую формулу для всѣхъ натуральныхъ жировъ; радикалъ жирныхъ кислотъ мы обозначимъ особымъ знакомъ [F], которому отвѣчаетъ, вообще говоря, группа вида $C_nH_{2n-1}O$. Тогда натуральные жиры выразятся общей формулой такъ: $C_3H_5(O[F])_3$. Если мы станемъ дѣйствовать на жиръ ѣдкой щелочью, ѣдкимъ кали, KOH, то

калій, какъ элементъ болѣе дѣятельный, вступитъ въ соединеніе съ кислотой, а водный остатокъ щелочи съ жирнымъ остаткомъ дастъ глицеринъ. Реакція идетъ слѣдующимъ образомъ:

$$C_3H_5(O[F])_3 + 3K(OH) = 3K(O[F]) + C_3H_5(OH)_3.$$

Жиръ + Ѣдкій кали = Мыло + Глицеринъ.

Полученное такимъ путемъ мыло смѣшано съ глицериномъ и потому мягко; это то жидкое мыло, которое изготовляется изъ дешевыхъ жировъ (ворвани); отъ нихъ оно получаетъ свой темный цвѣтъ и дурной запахъ; его часто подкрашиваютъ и выпускаютъ въ продажу подъ названіемъ желтаго, или зеленаго мыла.

Если вмѣсто ѣдкаго кали взять ѣдкій натръ, $Na(OH)$, то получается вещество, которое въ соленой водѣ нерастворимо. Его можно осадить; этотъ продуктъ называется обыкновеннымъ твердымъ мыломъ; въ остаткѣ опять получится глицеринъ. Различные жиры и масла даютъ твердое мыло.

Соединенія свинца съ жирными кислотами, смѣшанныя съ глицериномъ идутъ на изготовленіе массы для пластырей.

Наконецъ, необходимо указать, что нитроглицеринъ (динамитъ) является настоящимъ сложнымъ эѳиромъ азотной кислоты, а потому его теперешнее общеупотребительное названіе съ точки зрѣнія химика неправильно.

e) Алдегиды и кетоны.

Теперь мы переходимъ къ разсмотрѣнію еще одного класса тѣлъ, которыя въ послѣднее время имѣютъ много разнообразныхъ примѣненій и которыя на дальнѣйшее развитіе химіи окажутъ выдающееся вліяніе. Мы говоримъ объ алдегидахъ и кетонахъ.

Спирты раздѣляются на первичные, вторичные, третичные, въ зависимости отъ числа содержащихся въ нихъ метиловыхъ радикаловъ CH_3; формулы строенія такихъ спиртовъ будутъ имѣть слѣдующій видъ:

$$\begin{array}{ccc} \begin{array}{c} H \\ / \\ CH_3{-}C{-}H \\ \diagdown \\ OH \end{array} & \begin{array}{c} CH_3 \quad H \\ \diagdown \;/ \\ C \\ / \;\diagdown \\ CH_3 \quad OH \end{array} & \begin{array}{c} CH_3 \\ \diagdown \\ CH_3{-}C{-}OH \\ / \\ CH_3 \end{array} \end{array}$$

Этиловый спиртъ. Пропиловый спиртъ. Бутиловый спиртъ.

Въ первомъ спиртѣ содержится два непосредственно связанныхъ съ углеродомъ водородныхъ атома, во второмъ—одинъ, въ третьемъ—ни одного. Сильное сродство водорода къ кислороду, влекущее за собой обыкновенно образованіе воды, дѣлаетъ то, что кислородный атомъ, дѣйствуя на молекулу этиловаго спирта, можетъ отдѣлить отъ нея оба ея отдѣльно отъ другихъ группъ стоящіе водородные атомы; при этомъ связанный съ углероднымъ атомомъ третьей единицей его сродства водный остатокъ расщепляется, и его кислородъ связывается съ углеродомъ двумя единицами сродства:

$$\begin{array}{c} H \\ / \\ CH_3{-}C{-}H \\ \diagdown \\ OH \end{array} + O = CH_3 - \begin{array}{c} O \\ /\!\!/ \\ C \\ \diagdown \\ H \end{array} + H_2O$$

Этиловый спиртъ + кислородъ = Этиловый алдегидъ + вода.

Получающееся при этомъ тѣло C_2H_4O называютъ алдегидомъ; это слово представляетъ собой сокращеніе двухъ словъ Alkohol dehydrogenatus и показываетъ, что отъ молекулы спирта отнятъ ея водородъ. Отъ спиртовъ алдегиды отличаются меньшимъ числомъ водородныхъ атомовъ (двумя меньше), отъ кислотъ, уменьшеннымъ на одинъ атомъ содержаніемъ кислорода. Этиловый алдегидъ + 2H есть не что иное, какъ этиловый спиртъ; этиловый алдегидъ + O даетъ уксусную кислоту.

Въ спиртахъ вторичныхъ присоединеніе O сопровождается выдѣленіемъ воды; отдѣльно отъ другихъ группъ стоящій атомъ H соединяется съ кислородомъ вмѣстѣ съ другимъ H, отщепляющимся отъ воднаго остатка. Остающійся O будетъ и здѣсь связанъ съ C двойной связью.

$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!\!>C\!<\!\!\begin{matrix}H\\OH\end{matrix}+O=\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!\!>C=O+H_2O.$$

Полученное вещество C_3H_6O носитъ названіе кетона.

Въ третичныхъ спиртахъ такого превращенія произойти не можетъ, потому что нѣтъ отдѣльнаго водороднаго атома.

Алдегиды, являясь промежуточной ступенью между спиртами и кислотами, обнаруживаютъ сильное стремленіе къ дальнѣйшему соединенію съ кислородомъ; они извлекаютъ его изъ многихъ другихъ веществъ. На этомъ свойствѣ основывается ихъ сильное дезинфецирующее дѣйствіе; они отнимаютъ отъ органическихъ соединеній, гдѣ только это возможно, ихъ кислородные атомы; благодаря этому, соединеніе или микроорганизмы подъ дѣйствіемъ алдегидовъ разрушаются.

Характерной для алдегидовъ группой является COH. Изъ алдегидовъ укажемъ только на формалдегидъ, CH_2O, или $H-COH$ и параформалдегидъ, который представляетъ собой утроенную молекулу перваго $(H-COH)_3$.

Если растворъ формалдегида въ древесномъ спирту (извѣстный подъ названіемъ формалина) подвергнуть выпариванію, то онъ проникаетъ во всѣ щели и поры помѣщенія, наполненаго его парами, и разрушаетъ находящіеся тамъ микроорганизмы. Поэтому формалиномъ широко пользуются при дезинфекціяхъ.

Далѣе назовемъ уксуснокислый алдегидъ, C_2H_4O, который интересенъ въ томъ отношеніи, что изъ него изготовляется три употребительныхъ медицинскихъ препарата. При помощи соотвѣтственныхъ реакцій можно почти всегда замѣнить отдѣльно стоящій водородный атомъ того или другого органическаго соединенія атомомъ хлора, то есть, какъ говорятъ, хлорировать это соединеніе. Нашъ уксусный алдегидъ пишется собственно такъ: CH_3-COH. Если вмѣсто трехъ H метиловаго радикала CH_3 поставить три Cl, то у насъ получится CCl_3-COH, трихлоралдегидъ или, короче говоря, хлоралъ-гидратъ, извѣстное снотворное средство.

Дѣйствуя на это соединеніе ѣдкимъ натромъ, мы можемъ выдѣлить изъ него еще CO; остается CCl_3-H, трихлорметанъ, или хлороформъ, извѣстное анестезирующее средство. Содержащійся въ немъ хлоръ дѣлаетъ его примѣненіе не безопаснымъ, и въ послѣднее время опять стали чаще прибѣгать къ эѳиру.

Вмѣсто того, чтобы замѣщать въ указанномъ нами соединеніи водородъ хлоромъ, можно замѣщать его іодомъ; въ результатѣ такого полнаго замѣщенія получается іодоформъ, CHI_3, которымъ пользуются при уходѣ за ранами, какъ антисептическимъ (противогнилостнымъ) средствомъ. Іодоформъ тѣло твердое; хлороформъ — безцвѣтная жидкость.

f) Углеводы.

Эти соединенія углерода съ водородомъ и кислородомъ принадлежатъ къ числу наиболѣе важныхъ въ обиходѣ природы, потому что изъ нихъ главнымъ образомъ и состоятъ наши питательныя вещества. Углеводами называютъ ихъ, хотя это далеко не правильно, потому, что въ нихъ при произвольномъ числѣ углеродныхъ атомовъ всегда содержится двойное противъ кислородныхъ атомовъ число атомовъ водорода. Формула ихъ такого вида: $C(H_2O)_n$. H_2O — вода, а потому говорятъ о соединеніи съ водой, хотя въ дѣйствительности дѣло обстоитъ тутъ вовсе не такъ, какъ при присоединеніи воды къ сѣрной кислотѣ или къ спирту. Двойное, по сравненію съ числомъ O, количество атомовъ H является тутъ сочетаніемъ какъ бы случайнымъ; эти атомы не соединены другъ съ другомъ, они находятся въ соединеніяхъ этого рода не вмѣстѣ и не образуютъ въ ихъ молекулахъ воды. Многочисленность этихъ соединеній въ

природѣ объясняется, конечно, не случайностью: вода всюду находилась подъ рукой у творческой природы; таинственнымъ путемъ разложенными частями воды природа воспользовалась для построенія новыхъ драгоцѣнныхъ веществъ, которыя она повсюду щедро разсыпала, предназначая ихъ для поддержанія жизни.

Прежде всего къ углеводамъ надо отнести различные сорта сахара. Виноградный сахаръ имѣетъ такую формулу: $C_6H_{12}O_6 + H_2O$; послѣдній членъ ея, H_2O, показываетъ, что среди другихъ сочетаній водорода съ кислородомъ въ виноградномъ сахарѣ одно только это будетъ представлять собой настоящую кристаллизаціонную воду. Формулу строенія сахара можно было бы написать слѣдующимъ образомъ:

```
   H    H    H              H      H    H
   |    |    |              |      |    |
H—C—O—C—[O—C—O]—O—[O—C—O]—C—O—C—H
   |    |    |              |      |    |
   H    H    H              H      H    H
```

Формула этого содержащаго молекулу воды соединенія совершенно симметрична. Группы, находящіяся внутри прямоугольниковъ, представляютъ собой углекислоту. Если эта углекислота отдѣлится какимъ-либо образомъ отъ углеродныхъ атомовъ, то два водородныхъ атома изъ тѣхъ четырехъ, которые отрываются здѣсь отъ углерода при обазованіи углекислоты, могутъ, какъ показано стрѣлками, соединиться съ находящимся посерединѣ атомомъ кислорода и дать воду; остальные два H присоединяются къ отдѣляющимся въ этомъ случаѣ группамъ, находящимся справа и слѣва. Каждая изъ этихъ группъ имѣетъ видъ: C_2H_6O; стало быть, это винный спиртъ. Итакъ, мы видимъ, что виноградный сахаръ можетъ распасться на винный спиртъ, углекислоту и воду, причемъ ни вводить въ него, ни выводить изъ него ничего не надо. Такое разложеніе дѣйствительно и происходитъ при образованіи изъ винограда, который самъ по себѣ не опьяняетъ, вина съ его игрой, образуемой углекислотой. Вотъ ходъ этой реакціи: $C_6H_{14}O_7 = 2C_2H_6O + 2CO_2 + H_2O$.

Но химикъ, пользуясь только тѣми пріемами, которые позволяютъ ему разлагать такую массу соединеній, не могъ бы выполнить въ своей лабораторіи даннаго разложенія. Для того, чтобы это разложеніе имѣло мѣсто, въ немъ долженъ участвовать вполнѣ опредѣленный микроорганизмъ, бродило (дрожжи), который имѣется повсюду въ воздухѣ, гдѣ онъ находитъ необходимую для него питательную среду; тамъ онъ тотчасъ же открываетъ процессъ броженія; благодаря ему, становятся возможными тѣ разложенія, которыя въ этомъ случаѣ совершаются, какъ бы сами собой, тогда какъ безъ него ни одно химическое средство не вызоветъ этой реакціи.

Какъ выдѣлывается вино, знаетъ каждый. Изъ винограда выжимаютъ его сладкій сокъ и оставляютъ его стоять въ открытыхъ сосудахъ. Находящіеся въ этомъ суслѣ или попадающіе въ него изъ воздуха бродильные грибки размножаются при сравнительно низкой температурѣ погребовъ, въ которыхъ происходитъ это броженіе, довольно медленно; качество вина, благодаря этому, улучшается. Въ прохладномъ помѣщеніи этотъ процессъ продолжается поэтому нѣсколько мѣсяцевъ; ведя его при болѣе высокой температурѣ, мы можемъ его значительно ускорить. Броженіе сопровождается выдѣленіемъ углекислоты: сила ея такъ велика, что наполненныя винограднымъ сусломъ закрытыя наглухо бочки чуть не разлетаются подъ этимъ напоромъ газа. Для того, чтобы удержать въ винѣ его углекислоту, его заблаговременно разливаютъ въ бутылки, стѣнки которыхъ могутъ выдерживать извѣстное давленіе; такъ приготовляются шипучія (игристыя) вина. По окончаніи броженія можно видѣть на днѣ сосудовъ отложившійся тамъ слой дрожжей; теперь вино переливаютъ въ другія бочки, которыя и задѣлываютъ.

Бѣлое и красное вино отличаются другъ отъ друга не тѣмъ, что ихъ выдѣлываютъ изъ различныхъ по цвѣту сортовъ винограда. Можно прекрасно

выдѣлывать бѣлое вино изъ чернаго винограда: цвѣтъ сока чернаго и бѣлаго винограда одинаковъ. При приготовленіи краснаго вина въ бродящемъ сокѣ оставляютъ кожицу и стебли; благодаря ихъ присутствію, вино получаетъ красный цвѣтъ и вяжущія свойства.

Въ Германіи, въ виноградныхъ районахъ, средняя температура не настолько высока, чтобы виноградъ могъ стать очень сладкимъ, что въ свою очередь влечетъ при броженіи превращеніе почти всего содержащагося въ виноградномъ сокѣ сахара въ спиртъ. Такія вина выигрываютъ въ крѣпости; они не сладки и, благодаря образованію въ нихъ въ незначительныхъ количествахъ высшихъ сложныхъ эѳировъ, пріобрѣтаютъ особый букетъ. Но для того, чтобы наши три элемента образовали этого рода сложныя молекулы требуется много лѣтъ; наилучшимъ букетомъ отличаются выдержанныя старыя вина. Напротивъ того, южнѣе виноградъ содержитъ даже избытокъ сахара, который въ спиртъ уже не переходитъ. Вина по-прежнему сохраняютъ свой сладкій вкусъ. При этомъ нѣтъ никакихъ данныхъ для образованія извѣстныхъ намъ высшихъ спиртовъ, а потому южныя вина, по большей части, букетомъ не обладаютъ.

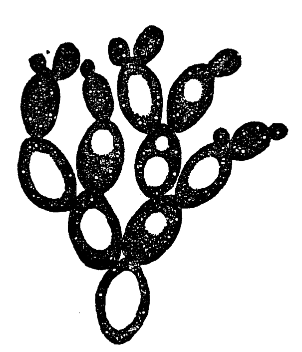
Изъ сахара путемъ броженія всегда можно приготовить содержащій алкоголь напитокъ; такой напитокъ готовятъ, напримѣръ, изъ пчелинаго меда. Фруктовыя вина, яблочное, смородинное, крыжовничное и т. д. изготовляются точно такъ же, какъ и виноградное.

Если напитки, содержащіе спиртъ, долгое время держать въ открытыхъ сосудахъ, то они прокисаютъ; такимъ путемъ, какъ извѣстно, приготовляютъ уксусъ. Для того, чтобы изъ виннаго спирта, C_2H_6O, получилась уксусная кислота, $C_2H_4O_2$, необходимо присоединить къ нему $2O$; одинъ изъ этихъ O даетъ съ двумя H виннаго спирта H_2O, другой заступаетъ мѣсто этихъ $2H$. $C_2H_6O + 2O = C_2H_4O_2 + H_2O$. Эти два O винный спиртъ беретъ изъ воздуха. Но и это превращеніе обусловливается присутствіемъ опредѣленнаго „фермента“; онъ является причиной уксуснаго броженія. При температурѣ, болѣе высокой, нежели обыкновенная, броженіе идетъ быстрѣе, чѣмъ въ погребахъ, гдѣ обыкновенно ведется выдѣлка вина. Такимъ образомъ, самое мѣсто броженія и низкая температура зимнихъ мѣсяцевъ предохраняютъ вино отъ прокисанія. Зато пивоварамъ приходится лѣтомъ бороться съ большими трудностями; для того, чтобы предотвратить уксусное броженіе, они должны пользоваться особыми охладительными аппаратами. Въ закрытыхъ сосудахъ напитки не прокисаютъ; въ отличіе отъ броженія виннаго уксусное броженіе требуетъ присутствія кислорода, который жидкость беретъ изъ воздуха; самъ же бродящій сокъ выдѣляетъ кислородъ (въ формѣ углекислоты). Вотъ почему перебродившее вино необходимо разлить своевременно, не слишкомъ поздно и не слишкомъ рано, по закрытымъ сосудамъ и бутылкамъ.

Въ процессахъ броженія принимаютъ участіе различнаго рода грибки. Пивныя дрожжи отличаются отъ винныхъ; грибокъ, обусловливающій броженіе уксусное, нѣсколько отличается какъ отъ тѣхъ, такъ и отъ другихъ. Грибки быстро размножаются во время броженія; броженіе однако само на нихъ никакого вліянія не оказываетъ. Такъ какъ это превращеніе вещества обусловлено исключительно присутствіемъ такихъ грибковъ, то мы въ правѣ думать, что тутъ большое значеніе должны имѣть физическія причины. Поэтому весьма интересно указать, что переходъ виннаго спирта въ уксусъ удается и въ присутствіи извѣстной уже намъ губчатой платины (см. стр. 119); при ея измельченности вещества настолько сгущаются въ ея порахъ, что этого достаточно для присоединенія къ молекулѣ виннаго спирта необходимаго числа кислородныхъ атомовъ. Быть можетъ, тончайшія поры клѣточной ткани этихъ микроорганизмовъ играютъ именно эту роль. Эти физіологическіе процессы и другіе будутъ разсмотрѣны нами потомъ болѣе подробно. Существуетъ много различныхъ сортовъ сахара: они отличаются другъ отъ друга отчасти неодинаковымъ содержаніемъ въ нихъ извѣстныхъ намъ трехъ элементовъ, отчасти неодинаковой группировкой атомовъ. Виноградный сахаръ, о которомъ мы до сихъ поръ собственно и говорили, отличается отъ того продукта, который мы постоянно употребля-

емъ. Этотъ сахаръ-тростниковый, имѣетъ такую формулу: $C_{12}H_{22}O_{11}$; въ немъ углерода содержится по отношенію къ каждому изъ двухъ другихъ элементовъ нѣсколько больше, чѣмъ въ виноградномъ. Если присоединить къ нему еще одну молекулу воды, то онъ дастъ двѣ молекулы виноградного сахара (безъ содержащейся въ послѣднемъ соединеніи H_2O). Реакція эта будетъ имѣть такой видъ: $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 2\ (C_6H_{12}O_6)$. Тростниковый сахаръ содержится не только въ сахарномъ тростникѣ, но и во всѣхъ другихъ растеніяхъ, изъ которыхъ добываютъ сахаръ, напримѣръ, въ свеклѣ. Мы не будемъ останавливаться на приготовленіи его изъ этихъ веществъ, потому что въ сущности оно сводится къ выдѣленію и очисткѣ уже находящагося въ свекловицѣ и т. д. сахара, а этотъ процессъ при изученіи химіи намъ ничего особеннаго не даетъ.

Тростниковый сахаръ вращаетъ плоскость поляризаціи свѣта вправо; это свойство его позволяетъ опредѣлять степень концентраціи его растворовъ (см. стр. 271). Въ силу этого его формула строенія не можетъ имѣть того же вида, что написанная нами для виноградного сахара (стр. 467); въ его молекулѣ непремѣнно должно находиться нѣсколько (или одинъ) несимметрическихъ углеродныхъ атомовъ.


Клѣтки пивныхъ дрожжей. См. текстъ, стр. 468.

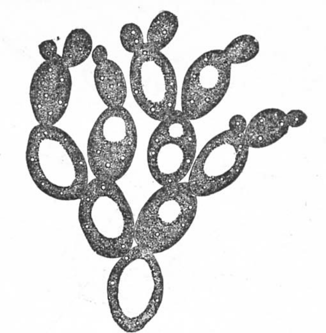
Теперь присоединимъ къ тростниковому сахару еще одну группу H_2O; у насъ получится теперь соединеніе, занимающее мѣсто между тростниковымъ и виноградн ымъ сахаромъ: $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$. Извѣстны два изомера этого соединенія: солодовый сахаръ и молочный сахаръ. Каждый изъ нихъ представляетъ собою какъ бы двойную молекулу виноградного безъ связанной съ нимъ H_2O; H_2O остается при изготовленіи сыра въ сывороткѣ. Молочный сахаръ при доступѣ воздуха въ тепломъ мѣстѣ скоро начинаетъ бродить и переходитъ въ молочную кислоту, — молоко скисаетъ. Плоскость поляризаціи солодовый и молочный сахаръ вращаютъ совершенно такъ же, какъ и тростниковый.

Если отъ молекулы тростниковаго сахара отнять одну группу H_2O, то получится вещество такого вида: $C_6H_{10}O_5$. Такимъ составомъ обладаетъ между прочимъ и наиболѣе важное среди питательныхъ средствъ — крахмалъ, который, какъ мы знаемъ, содержится въ клѣточной ткани всѣхъ растеній, въ особенности же въ картофелѣ. Онъ представляетъ собой собраніе мелкихъ зеренъ, которыя въ различныхъ растеніяхъ имѣютъ и различную форму (см. рис. на стр. 470). Сахаръ, правда, путемъ очень сложныхъ реакцій, удается приготовить прямо изъ его составныхъ частей, то есть не изъ органическихъ соединеній; что же касается крахмала, то, несмотря на самое тщательное изученіе его химическаго состава, искусственнымъ путемъ до сихъ поръ мы приготовлять его не умѣемъ. Рѣшеніе этой задачи, открытіе дешеваго способа приготовленія наиболѣе важнаго изъ питательныхъ матеріаловъ изъ угля и воды, имѣетъ, само собой разумѣется, выдающееся культурное значеніе. Крахмалъ обладаетъ способностью распускаться въ горячей водѣ, въ холодной водѣ онъ не растворяется; пользуясь этимъ свойствомъ, изъ него изготовляютъ клейстеръ.

Декстринъ представляетъ собой продуктъ очень близкій къ крахмалу; онъ получается при подогрѣваніи бродящаго крахмала, а также и другимъ путемъ. Въ противоположность крахмалу онъ легко растворяется въ водѣ; его растворъ, декстринъ, вращаетъ плоскость поляризаціи вправо, откуда идетъ и его названіе (dextros, греч. = вправо).

Изъ крахмала можно также гнать спиртные напитки; такъ, напр., изъ ячменнаго крахмала можно готовить пиво, а изъ картофельнаго—водку. При этомъ крахмалъ переходитъ сначала въ сахаръ, а потомъ сахаръ бродитъ, испытывая извѣстныя уже намъ превращенія.

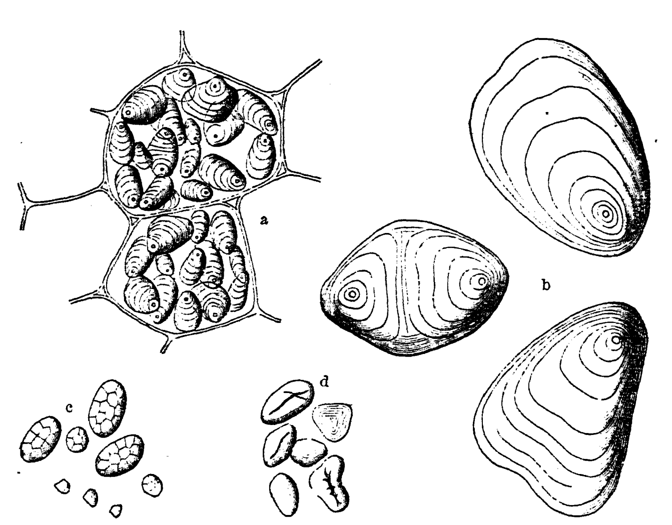
Пиво изъ ячменя готовятъ слѣдующимъ образомъ: для того чтобы получить



Клѣтки пивныхъ дрожжей.
См. текстъ, стр. 468.

изъ ячменя солодъ, его смачиваютъ и затѣмъ помѣщаютъ влажнымъ въ погребъ приблизительно на недѣлю. Для того, чтобы могъ образоваться сахаръ, къ крахмалу необходимо присоединить только одну молекулу воды, что достигается при помощи особаго бродильнаго вещества называемаго діастазомъ; ячмень при этомъ начинаетъ проростать. Затѣмъ ростки отрываютъ, и ячмень, который въ этомъ состояніи называется солодомъ, высушиваютъ. Солодъ, въ отличіе отъ крахмала, въ водѣ растворимъ. Затѣмъ раствору предоставляютъ бродить; спустя нѣсколько дней находящуюся въ состояніи броженія жидкость разливаютъ въ боченки и зарываютъ для того, чтобы удержать въ образующемся пивѣ углекислоту. Хмель прибавляютъ только для вкуса; при приготовленіи пива въ самомъ процессѣ онъ существеннаго значенія не имѣетъ.

Мы уже указали, что переходъ крахмала въ сахаръ совершается также путемъ броженія, причиной котораго является, какъ всегда, особый грибокъ. Этотъ ферментъ при помощи солода можетъ быть перенесенъ въ другія крахмалистыя вещества; для этого нѣтъ надобности переводить ихъ непремѣнно въ солодъ. Если извлечь крахмалъ, скажемъ, изъ ржи и затѣмъ прибавить къ нему немного солоду, то этого вполнѣ достаточно для того, чтобы превратить его въ сахаръ, а отсюда уже, какъ мы знаемъ, можно перейти и къ спирту. Пиво изъ ржи имѣетъ непріятный вкусъ; поэтому изъ него выдѣляютъ путемъ перегонки содержащійся въ немъ спиртъ, изъ котораго и получается хлѣбное вино, или водка.

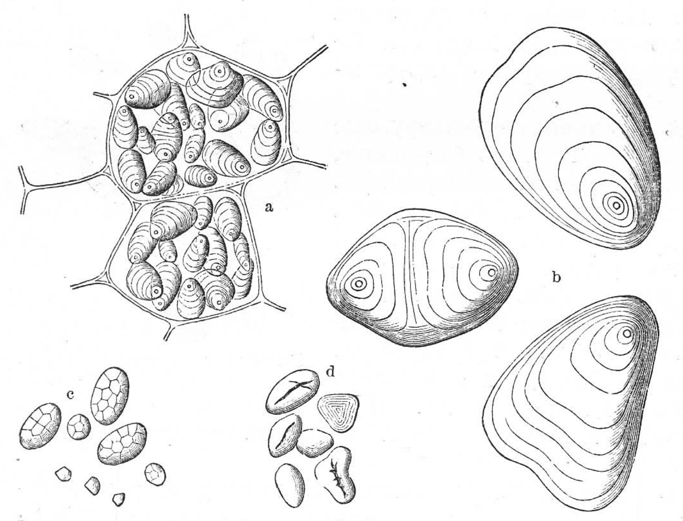


Зерна крахмала. a, b въ картофелѣ; c въ овсѣ; d въ бобѣ. Изъ „Жизни растеній" Кернера Ф. Марилауна. См. текстъ, стр. 469.

Точно такой же переработкѣ можно подвергнуть и картофельный крахмалъ. Но въ получающейся въ этомъ случаѣ перебродившей уже жидкости содержится слишкомъ много негодныхъ для употребленія алкоголей, называемыхъ нами сивушнымъ масломъ. Путемъ дробной перегонки и дальнѣйшей очистки удается приготовить пригодную для питья картофельную водку.

Совершенно такой же составъ, какъ крахмалъ, имѣетъ другое вещество, изъ котораго построенъ, такъ сказать, скелетъ растеній, древесина и оболочка ихъ клѣтокъ, — целлюлоза (клѣтчатка). Это вещество въ водѣ совершенно нерастворимо. Изъ нея построены хлопчатая бумага, конопля, ленъ и т. д., а также бумага писчая. Можно ли было подумать, что бумага, въ которой содержится всегда немного воды, имѣетъ тотъ же составъ, что и сахаръ? Различіе свойствъ ихъ порождается только неодинаковостью группировокъ ихъ атомовъ.

Эта клѣтчатка съ азотной кислотой даетъ сложный эѳиръ, который по дѣйствію своему напоминаетъ динамитъ; это пироксилинъ, или хлопчатобумажный порохъ, $C_6 H_7 (NO_3)_3 O_2$, соединеніе, обладающее способностью легко взрывать, обусловленной тѣмъ же, чѣмъ и въ динамитѣ. Растворъ его въ эѳирѣ называется коллодіемъ. Целлюлоидъ, столь распространенный и имѣющій столько примѣненій въ промышленности, представляетъ собой растворъ пироксилина въ камфорѣ. При обыкновенной температурѣ целлюлоидъ твердъ и эластиченъ; если его нагрѣть, то ему можно придать какую угодно форму: онъ становится совершенно мягкимъ; какъ вещество достаточно легко воспламеняющееся, целлюлоидъ требуетъ осторожности въ обращеніи.



Зерна крахмала. a, b въ картофелѣ; c въ овсѣ; d въ бобѣ. Изъ „Жизни растеній“ Кернера Ф. Марилауна. См. текстъ, стр. 469.

g) Азотистыя органическія соединенія.

Мы помнимъ, что углекислоту мы отнесли къ разряду соединеній неорганическихъ; къ неорганическимъ же соединеніямъ мы причисляемъ также цѣлый рядъ азотистыхъ веществъ, хотя въ нѣкоторыхъ случаяхъ является сомнѣніе, правильно ли мы поступаемъ. Къ такимъ сомнительнымъ соединеніямъ надо отнести соединенія амміачныя и ціанистыя. При разсмотрѣніи ихъ мы уже отмѣтили, что селитра образуется только при процессѣ гніенія остатковъ животнаго происхожденія и при участіи микроорганизмовъ: такимъ образомъ полученіе ея связано съ тѣми же причинами, что и процессъ гніенія. Такъ что, строго говоря, селитру и получающійся изъ нея амміакъ слѣдуетъ отнести скорѣе къ разряду органическихъ веществъ, потому что они могутъ образоваться только при участіи организмовъ. Ціанистыя соединенія вырабатываются также только въ природѣ организованной.

Амміакъ съ извѣстными уже намъ органическими веществами вступаетъ въ соединенія, занимающія въ физіологическихъ отправленіяхъ животныхъ очень видное мѣсто, хотя въ большинствѣ случаевъ они проявляютъ себя весьма непріятными свойствами.

Первый рядъ такихъ веществъ составляютъ амины. Они получаются изъ амміака, NH_3, путемъ замѣны одного, двухъ и всѣхъ трехъ его водородныхъ атомовъ, радикалами спирта. Такъ какъ въ этихъ радикалахъ (спирты минусъ водный остатокъ) кислорода уже не содержится, то въ аминахъ имѣется только три элемента: углеродъ, водородъ и азотъ. Въ соотвѣтствіи съ тѣмъ производимъ ли мы замѣну одного, двухъ или трехъ водородныхъ атомовъ, мы будемъ получать различныя группы аминовъ, которыя и будемъ называть аминами, первичными, вторичными и третичными. Такимъ образомъ мы можемъ получить изъ амміака слѣдующія вещества:

$N\begin{smallmatrix}/H\\-H\\\backslash H\end{smallmatrix}$	$N\begin{smallmatrix}/CH_3\\-H\\\backslash H\end{smallmatrix}$	$N\begin{smallmatrix}/CH_3\\-CH_3\\\backslash H\end{smallmatrix}$	$N\begin{smallmatrix}/CH_3\\-CH_3\\\backslash CH_3\end{smallmatrix}$
Амміакъ	Метилъ-аминъ	Диметилъ-аминъ	Триметилъ-аминъ.

Азотъ, который, какъ мы уже не разъ указывали, можетъ быть трехъ- и пятиатомнымъ, въ данномъ случаѣ принимается за элементъ трехатомный.

Запахъ аминовъ отчасти напоминаетъ запахъ амміака, отчасти запахъ рыбы, особенно сельди; ихъ можно и на самомъ дѣлѣ получить изъ селедочнаго разсола. Въ химическихъ реакціяхъ они участвуютъ совершенно такъ же, какъ амміакъ.

Если мы станемъ замѣщать одинъ изъ водородныхъ атомовъ въ амміакѣ не спиртовыми радикалами, а кислотами, то у насъ будутъ получаться амидосоединенія.

$N\begin{smallmatrix}/H\\-H\\\backslash H\end{smallmatrix}$	$N\begin{smallmatrix}/C_2H_3O\\-H\\\backslash H\end{smallmatrix}$	$N\begin{smallmatrix}/C_3H_5O\\-H\\\backslash H\end{smallmatrix}$
Амміакъ	Ацетамидъ	Пропіонамидъ.

Въ первый разъ у насъ получилось соединеніе, составленное изъ всѣхъ четырехъ органогеновъ (мы не считаемъ динамита и пироксилина, потому что въ природѣ эти вещества не встрѣчаются). Если выдѣлить изъ нихъ особую группу NH_2, которую можно назвать радикаломъ амидосоединеній, то предыдущимъ формуламъ можно придать слѣдующій видъ: ацетамиду $= CH_3 - CO - NH_2$, а пропіонамиду $= CH_3 - CO - CH_2 - NH_2$. Далѣе могутъ быть получены слѣдующія вещества: карбаминовая кислота, $OH - CO - NH_2$, и карбамидъ, $NH_2 - CO - NH_2$.

Это соединеніе, $CO(NH_2)_2$, карбамидъ, есть ничто иное, какъ мочевина, первое органическое вещество, какое удалось получить синтетическимъ путемъ. Это открытіе было сдѣлано Фридрихомъ Вёлеромъ въ 1828 г. (см. портретъ, стр. 476). Мочевина получается изъ имѣющей одинаковый съ ней составъ ціановоамміачной соли (NH_4CNO) путемъ простой перегруппировки ея атомовъ.

Этотъ первый синтезъ органическаго соединенія, проведенный съ удивительнымъ остроуміемъ, въ свое время произвелъ, разумѣется, огромное впечатлѣніе. Но въ настоящее время мы должны себя спросить, можетъ ли быть получено это или какое-нибудь другое органическое соединеніе безъ всякаго участія въ процессѣ образованія живыхъ организмовъ. Во всѣхъ работахъ, результатомъ которыхъ являлось построеніе даже наиболѣе сложныхъ органическихъ соединеній, во всѣхъ этихъ чрезвычайно цѣнныхъ работахъ современныхъ химиковъ главную роль играютъ тѣ вещества, которыя мы находимъ въ живой природѣ, хотя бы въ формѣ продуктовъ разложенія.

При разложеніи мочевины мы чувствуемъ въ ея запахѣ совершенно отчетливо амміакъ. Растворъ мочевины въ водѣ при разложеніи распадается на углекислоту и амміакъ: $CO(NH_2)_2 + H_2O = CO_2 + 2NH_3$. Въ соединеніяхъ, подобныхъ указаннымъ нами выше, можетъ встрѣтиться и двуатомный амміачный остатокъ NH, это будетъ въ томъ случаѣ, когда выдѣлятся изъ нихъ 2 водородныхъ атома. Такія вещества носятъ названіе имидосоединеній.

Амидокислоты получаются при замѣщеніи въ кислотахъ одного водороднаго атома уже многократно встрѣчавшимся у насъ амміачнымъ остаткомъ NH_2; необходимо только, чтобы при этомъ не была разрушена характерная для органическихъ кислотъ карбоксильная группа COOH.

$$\begin{array}{c} H \\ | \\ H-C-COOH \\ | \\ H \end{array} \qquad \begin{array}{c} H \\ | \\ H-C-COOH \\ | \\ NH_2 \end{array}$$

Уксусная кислота переходитъ въ амидо-уксусную кислоту.

Различныя амидокислоты, получающіяся путемъ такой замѣны, вѣроятно, играютъ важную роль при обмѣнѣ веществъ въ тѣлѣ животныхъ: такъ мы находимъ ихъ въ поджелудочной желѣзѣ млекопитающихся.

Наряду съ разобранными соединеніями азота необходимо указать еще на соединенія ціанистыя (радикалъ CN), о которыхъ мы говорили, отмѣчая наиболѣе существенныя черты ихъ, еще при разборѣ соединеній неорганическихъ (см. стр. 441). Напомнимъ теперь о такихъ страшно ядовитыхъ ціанистыхъ соединеніяхъ, какъ синильная кислота, HCN, и ціанистый калій, KCN; сюда относится желтая соль $Fe(CN)_6K_4$, или синь-кали и т. п.

B. Ароматическія соединенія.

Мы видали, что углеводороды жировъ составляютъ ряды гомологовъ вида C_nH_{2n+2} (рядъ метана), C_nH_{2n} (рядъ этилена), C_nH_{2n-2} (рядъ ацетилена); высшіе гомологи группы жировъ имѣютъ видъ C_nH_{2n-6} (рядъ діацетилена), углеводороды же ароматическихъ рядовъ начинаются только съ этого ряда, первый членъ котораго имѣетъ форму C_6H_6. За этимъ рядомъ ароматическихъ гомологовъ идутъ слѣдующіе съ постепенно убывающимъ содержаніемъ въ нихъ водорода: C_nH_{2n-12}, C_nH_{2n-14} и т. д. до C_nH_{2n-22} и даже дальше. Что касается до перваго изъ этихъ соединеній, то его формулу строенія еще можно написать такъ, какъ мы писали до сихъ поръ, причемъ намъ придется отмѣтить въ ней двѣ тройныхъ связи. Ее можно написать, стало быть, слѣдующимъ образомъ: $CH{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2{-}C{\equiv}CH$ (дипропаргилъ). Тѣло, имѣющее такое строеніе, относится еще къ жирамъ. Но мы знаемъ тѣло того же состава, что и это, бензолъ, которое должно обладать совершенно другимъ молекулярнымъ строеніемъ: это показываетъ способность къ образованію самыхъ разнородныхъ соединеній; судя по этому, всѣ шесть водородныхъ атомовъ въ бензолѣ занимаютъ совершенно одинаковое въ смыслѣ отдѣляемости положеніе, что дѣлаетъ ихъ по отношенію къ замѣщеніямъ совершенно равнозначущими; они должны быть связаны съ шестью углеродными атомами совершенно одинаково. Согласовать эти условія съ фактомъ четырехатомности углерода было дѣломъ далеко не легкимъ. Изъ предыдущаго слѣдуетъ, что въ

формулѣ бензола должна встрѣчаться только группа CH, которую слѣдуетъ повторить шесть разъ. Группа эта, какъ мы видѣли, группа трехатомная. Поэтому формулу бензола можно написать, казалось, только такъ: $-CH=CH-CH=CH-CH=CH-$, причемъ въ началѣ и въ концѣ остается по одной ненасыщенной единицѣ сродства. Но *Кекулѐ* (въ 1866 г.) напалъ на прекрасную мысль насытить одну изъ этихъ единицъ сродства другой, то есть замкнуть цѣпь, превративъ ее въ кольцо. Съ тѣхъ поръ этого рода формулу строенія называютъ *бензойнымъ кольцомъ*, или *бензойнымъ ядромъ*, и для того, чтобы еще болѣе подчеркнуть отдѣленность атомовъ водорода, эту формулу строенія пишутъ въ видѣ такого шестиугольника:

```
       H
       |
       C
     //  \
 H—C      C—H
 H—C      C—H
     \\  //
       C
       |
       H
```

Слѣдуетъ не забывать, что представленіе о значности и основывающееся на немъ построеніе структурныхъ формулъ весьма гипотетичны: они только схематически указываютъ намъ на характеръ строенія молекулъ; всѣ данныя говорятъ въ пользу того, что въ дѣйствительности вещество строится далеко не въ такихъ застывшихъ формахъ, какія мы видимъ въ этихъ формулахъ. Напротивъ того, почти на каждой страницѣ этого сочиненія можно найти факты, показывающіе, что молекулы представляютъ собой мельчайшія планетныя системы, что атомы совершаютъ въ нихъ движенія, подобныя движенію планетъ. Поэтому въ дѣйствительности эти вещества не будутъ связаны другъ съ другомъ однимъ, двумя, тремя или четырьмя „прутьями", всѣ эти соединенія не должны лежать своими атомами непремѣнно въ одной плоскости, не должны быть, такъ сказать, только двухъ измѣреній,—природа предоставляетъ имъ все свободное пространство. Тѣмъ не менѣе эти формулы строенія, при всемъ ихъ внѣшнемъ характерѣ, даютъ намъ правильное представленіе о несомнѣнно существующей закономѣрности, и, за неимѣніемъ лучшаго, мы должны удовлетвориться этимъ способомъ представленія и развить его дальше, насколько это окажется возможнымъ. Если бы намъ пришлось продолжить нашу параллель между развитіемъ астрономіи и химіи, мы сказали бы, что современная химія отвѣчаетъ положенію астрономической науки во времена Кеплера, который, подмѣтивъ несомнѣнную соразмѣрность въ разстояніяхъ между планетами, рѣшилъ, что ее можно представить себѣ въ видѣ правильныхъ геометрическихъ тѣлъ, охватывающихъ планетныя орбиты. Эти геометрическія тѣла сами по себѣ не имѣли никакого отношенія къ истинному строенію планетной системы, но изъ соотношеній между ними выяснялась та закономѣрность, которая имѣла извѣстное сходство съ найденными потомъ тѣмъ же Кеплеромъ настоящими междупланетными разстояніями. Такимъ образомъ, отправляясь отъ этихъ невѣрныхъ соображеній, Кеплеръ все же ускорилъ установленіе истины. Теперешними химическими формулами мы пользуемся только по необходимости; стремясь къ выясненію истиннаго характера строенія молекулъ, мы безъ нихъ обойтись не можемъ потому, что всѣхъ найденныхъ до сихъ поръ законовъ недостаточно для того, чтобы облечь всю совокупность огромнаго числа извѣстныхъ намъ фактовъ въ нѣкоторую общую форму. Къ этому вопросу мы еще вернемся.

Предполагаемое нами бензойное ядро служитъ исходнымъ соединеніемъ для всѣхъ ароматическихъ веществъ. Поэтому ту часть химіи, къ которой мы теперь переходимъ, называютъ иногда областью атомныхъ *группировокъ кольцеобразной формы*; эта группировка атомовъ и является кореннымъ признакомъ отличія одной изъ этихъ двухъ основныхъ группъ органическихъ соединеній отъ другой; старое дѣленіе ихъ на жиры и ароматическія вещества уцѣлѣло только благодаря тому, что къ нему привыкли. Если мы назовемъ одни тѣла тѣлами съ *разомкнутой цѣпью атомовъ*, другія—тѣлами съ *кольцеобразной группировкой атомовъ*, то тѣмъ самымъ мы отмѣтимъ наиболѣе существенное въ томъ, что ихъ другъ отъ друга отличаетъ, ихъ *несомнѣнный* отличительный признакъ.

Такъ какъ цѣль нашего знакомства съ ароматическими соединеніями сводится, главнымъ образомъ, къ выясненію различнаго рода законовъ группировки

мельчайшихъ частицъ въ этихъ веществахъ, то мы можемъ ограничиться краткимъ перечисленіемъ этихъ соединеній, несмотря на то, что они гораздо многочисленнѣе производныхъ метана; мы считаемъ себя въ правѣ сдѣлать это и потому, что производныя бензола распадаются на тѣ же формы и группы, какъ и раньше разсмотрѣнныя нами соединенія. Существуютъ, какъ мы сейчасъ увидимъ, ароматическіе углеводороды, ароматическіе спирты, ароматическія кислоты, ароматическіе простые и сложные эѳиры, ароматическіе алдегиды и т. д.

a) Углеводороды.

Углеводороды можно разбить на ряды указаннаго выше вида: $C_n H_{2n-6}$ и т. д. Первымъ по порядку будетъ рядъ бензола. Изъ его гомологовъ назовемъ самъ бензолъ $C_6 H_6$, толуолъ $C_7 H_8$, ксилолъ $C_8 H_{10}$. Формулу толуола мы получаемъ путемъ замѣны одного H въ бензойномъ ядрѣ метиловой группой CH_3. Какое именно H будетъ замѣнено, значенія не имѣетъ, потому что во всѣхъ случаяхъ произойдетъ одно и то же измѣненіе атомной группировки. Иначе обстоитъ дѣло въ случаѣ образованія ксилола, въ которомъ замѣняютъ метиловыми группами уже два водородныхъ атома. Замѣну эту мы можемъ выполнить тремя различными способами; при этомъ мы получаемъ три формулы неодинаковаго вида:

C – CH₃ / H – C … C – CH₃ / H – C … C – H / C – H
Орто-

C – CH₃ / H – C … C – H / H – C … C – CH₃ / C – H
Мета-

C – CH₃ / H – C … C – H / H – C … C – H / C – CH₃
Параксилолъ, или диметилбензолъ.

У насъ получается, стало быть, тутъ снова три изомера, которые мы отличаемъ другъ отъ друга, приставляя къ названію исходнаго бензойнаго соединенія слова, орто, мета и пара, указывающія на мѣсто, занимаемое введенными въ первоначальное вещество группами. Для краткости помѣщаютъ передъ названіемъ соотвѣтственнаго соединенія просто буквы o, m, p. Другія комбинаціи немыслимы: въ кольцѣ мы можемъ замѣнить правую сторону лѣвой, не внося этимъ въ соединеніе никакой ассиметріи. Какая именно комбинація имѣется у насъ въ томъ или другомъ частномъ случаѣ, можно рѣшить лишь путемъ изслѣдованія характера строенія самого соединенія. О томъ, какъ это дѣлается, мы въ нашемъ сочиненіи говорить возможности не имѣемъ.

Бензолъ представляетъ собой вещество, имѣющее нѣкоторое сходство съ извѣстнымъ намъ бензиномъ. Это—жидкость безцвѣтная, обладающая сильнымъ запахомъ. Бензолъ кипитъ при 80^0, горитъ яркимъ пламенемъ; въ виду богатаго содержанія въ немъ углерода, при слабой тягѣ, пламя бензола сильно коптитъ.

Высшіе гомологи ароматическихъ рядовъ, подобно соотвѣтственнымъ членамъ рядовъ жирныхъ соединеній, обладаютъ болѣе высокими точками кипѣнія нежели низшіе; такъ толуолъ кипитъ уже при 111^0. И толуолъ, и ксилолъ во всѣхъ остальныхъ отношеніяхъ весьма похожи на бензолъ; всѣ три эти соединенія, подобно почти всѣмъ остальнымъ углеводородамъ, получаются изъ каменноугольнаго дегтя.

Другой рядъ углеводородовъ съ замкнутой цѣпью имѣетъ общую формулу вида $C_n H_{2n-12}$. Первымъ членомъ его является извѣстный нафталинъ, $C_{10} H_8$, съ видомъ и примѣненіемъ котораго, въ качествѣ средства противъ моли, мы всѣ знакомы. Уже одинъ запахъ его указываетъ на его происхожденіе изъ дегтя; при обыкновенныхъ температурахъ онъ представляетъ собой твердое тѣло; при 79^0 онъ плавится, при 218^0 превращается въ газообразное состояніе. Для того, чтобы придать формуламъ этихъ и послѣдующихъ разсматриваемыхъ нами соединеній нѣсколько болѣе удобный видъ и вмѣстѣ съ тѣмъ и большую наглядность, мы внесемъ въ нихъ нѣкотораго рода упрощеніе. Мы будемъ изображать только

само ядро, не указывая имѣющихся въ немъ двойныхъ связей и стоящихъ по его угламъ атомовъ углерода; напомнимъ, что атомы C стоятъ по угламъ шестиугольника всегда, за исключеніемъ тѣхъ только случаевъ, когда мѣсто ихъ заступаютъ атомы азота. Итакъ, изъ символовъ, стоящихъ раньше кругомъ кольца, теперь останутся только замѣщающія водородные атомы группы, а именно: CH_3, CH_2, CH. Согласно тому, что мы только что сказали, упомянутые до сихъ поръ вещества представляются формулами строенія такого вида:

CH_3 CH_3 CH_3 CH_3 CH_3 CH_3 CH_3

Бензолъ. Толуолъ. Орто- Мета- Параксилолъ.

Нафталинъ будетъ представленъ двумя рядомъ стоящими бензойными ядрами, какъ на первой изъ трехъ нижеслѣдующихъ формулъ:

C C C C C C C — C

Нафталинъ. Дифенилъ. Антраценъ.

Символы C показываютъ тутъ, что въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ они поставлены, имѣются только углеродные атомы, въ тѣхъ же углахъ ядеръ, въ которыхъ ядра другъ съ другомъ не соединяются, имѣются, кромѣ атомовъ C, еще связанные съ ними атомы H. Атомы C въ углахъ, служащихъ мѣстомъ соединенія, связаны двойной связью.

Въ слѣдующемъ за этимъ ряду углеводородовъ съ кольцеобразной группировкой атомовъ, съ общей формулой C_nH_{2n-14} имѣется соединеніе дифенилъ, построенное согласно приведенной выше формулѣ. Сочетаніе двухъ бензойныхъ ядеръ произошло тутъ такимъ образомъ, что на мѣсто одного H въ одномъ изъ ядеръ стало другое ядро тоже съ недостающимъ въ немъ однимъ H. Совокупности двухъ бензойныхъ ядеръ въ нафталинѣ и дифенилѣ отличаются другъ отъ друга тѣмъ, что въ нафталинѣ H находится въ восьми углахъ соединенныхъ между собой ядеръ, а въ дифенилѣ — въ десяти. Число атомовъ C въ обоихъ соединеніяхъ одно и то же.

Въ антраценѣ мы имѣемъ примѣръ соединенія съ сочетаніемъ уже трехъ бензойныхъ ядеръ. Для объясненія этого случая мы должны предположить, что среднее ядро сочетается съ каждымъ изъ двухъ, какъ это показано на нашей формулѣ строенія. Антраценъ является первымъ членомъ ряда вида $C_n H_{2n-18}$. Это твердое тѣло, плавящееся лишь при 213°; само по себѣ оно безцвѣтно, но сильно флюоресцируетъ фіолетовымъ цвѣтомъ; антраценъ добывается, какъ и предыдущія соединенія, изъ дегтя.

Два другихъ соединенія кольцеобразной формы могутъ имѣть слѣдующее строеніе:

H C — C — C H

Дифенилъ-метанъ $C_6H_5 — CH_2 — C_6H_5$. Фенантренъ $C_6H_4 — CH = CH — C_6H_4$.

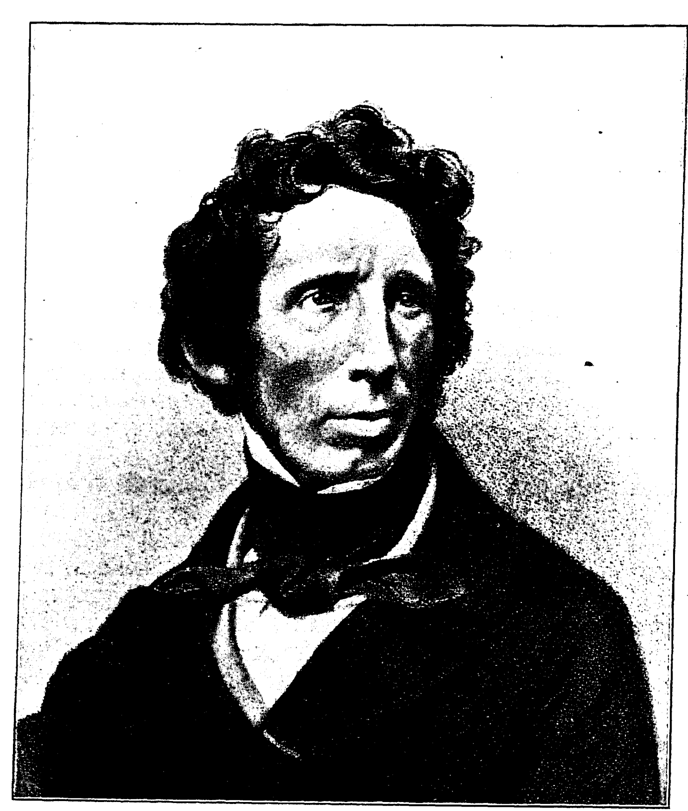
b) Фенолы, ароматическіе спирты и алдегиды.

Въ фенолахъ мѣсто одного или нѣсколько водородныхъ атомовъ заступаютъ водные остатки, OH; группой этой характеризовались въ рядахъ жировъ спирты. Такимъ образомъ эту группу можно было бы назвать ароматическими спиртами: но это представляется неудобнымъ въ виду того, что ароматическія соединенія съ этими водными остатками распадаются на два рѣзко

отличающихся по своимъ свойствамъ класса; въ однихъ изъ нихъ, въ фенолахъ, эта группа OH входитъ въ составъ самого кольца, въ другихъ, въ собственно ароматическихъ спиртахъ она представляетъ одно изъ звеньевъ цѣпи, присоединенныхъ къ ядру.

Фенолъ является первымъ членомъ этого ряда; его формула имѣетъ такой видъ: ⬡–OH; это извѣстная каждому карболовая кислота, C_6H_6O; одного этого указанія на названіе достаточно, что фенолъ обладаетъ кислотными свойствами, какія въ спиртахъ нами не наблюдались. Кислоты съ щелочами могутъ образовать соли; тѣмъ же свойствомъ обладаютъ и фенолы, несмотря на то, что въ нихъ не имѣется характерной для органическихъ кислотъ группы COOH. Вслѣдствіе этого фенолы въ ряду углеродистыхъ соединеній занимаютъ совершенно особое мѣсто.

Дезинфецирующими свойствами обладаетъ и ближайшій къ карболовой кислотѣ фенолъ, крезолъ, C_7H_8O, или CH_3–⬡–OH; имъ часто и пользуются для дезинфекціи. Въ зависимости отъ мѣста, занимаемаго въ ядрѣ этими двумя группами, мы получаемъ ортокрезолъ, метакрезолъ и паракрезолъ; всѣ они обладаютъ неодинаковыми свойствами. Первое изъ этихъ соединеній, то есть то, въ которомъ обѣ группы стоятъ рядомъ, и есть извѣстное дезинфецирующее средство.



Фридрихъ Вёлеръ. Изъ „19-аго столѣтія въ картинахъ", Веркмейстера. См. текстъ, стр. 471.

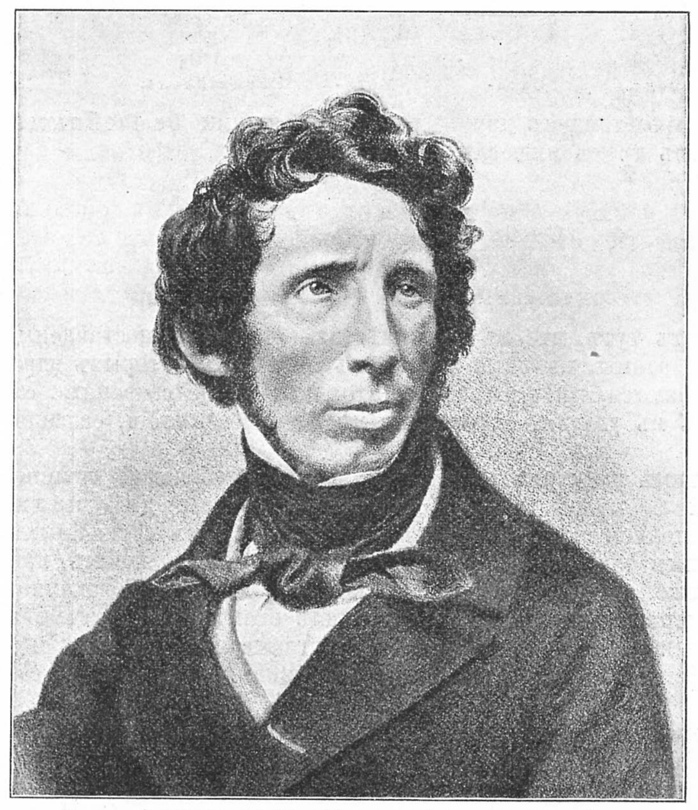
Вводя еще одну группу CH_2, мы получаемъ ксиленолъ, $C_8H_{10}O$, или CH_3–CH_2–⬡–OH.

Такъ какъ мы имѣемъ въ виду указать только на характеръ сочетаній группъ, то намъ нѣтъ надобности разсматривать тѣла съ нѣсколькими гидроксильными группами.

Переходной ступенью между спиртами и кислотами являются, какъ мы видѣли, алдегиды, характеризующіеся группой COH. Если присоединить эту группу къ бензойному ядру, то у насъ получится ⬡–COH, или C_7H_6O; это бензиловый алдегидъ, или масло горькихъ миндалей. Это соединеніе получается при дѣйствіи на спиртъ кислородомъ, стало быть, путемъ окисленія. Это O, атомъ кислорода, соединяется съ 2H, которое беретъ изъ цѣпи–CH_2–OH спирта, а остающееся C вмѣстѣ съ гидроксиломъ даютъ группу, характерную для алдегидовъ.

c) Ароматическія кислоты.

Установленіе формулъ кислотъ съ бензойнымъ ядромъ не представитъ никакихъ затрудненій, такъ какъ мы знаемъ уже изъ изученія жировъ, что кислоты характеризуются группой COOH.



Фридрихъ Вёлеръ. Изъ „19-аго столѣтія въ картинахъ“, Веркмейстера. См. текстъ, стр. 471.

Съ теоретической точки зрѣнія, вводя ее въ одно или нѣсколько связанныхъ между собой бензойныхъ ядеръ, вмѣсто группъ CH_2, можно получить безчисленное множество ароматическихъ кислотъ, общія формулы которыхъ легко установить; дѣйствительно, такихъ кислотъ найдено очень много.

Первая изъ такихъ кислотъ, бензойная кислота, $C_7H_6O_2$ или $\langle\bigcirc\rangle$—COOH, получается путемъ присоединенія къ молекулѣ только что упомянутаго нами бензойнаго алдегида одного атома кислорода, то есть путемъ окисленія. Раньше бензойную кислоту получали изъ бензойной смолы (роснаго ладана), отъ которой она и получила свое названіе; теперь же ее получаютъ вмѣстѣ съ другими интересными соединеніями изъ дегтя.

Какъ примѣръ болѣе сложной кислоты приведемъ содержащуюся въ чернильныхъ орѣшкахъ галловую кислоту $C_7H_6O_5$, или

```
OH—C   C—H
OH—C<     >C—COOH
OH—C   C—H
```

Съ галловой кислотой имѣетъ сходство таннинъ, или дигалловая кислота; онъ получается путемъ отнятія отъ двухъ частицъ галловой кислоты одной частицы H_2O; отсюда формула таннина $C_{14}H_{10}O_9$. Таннинъ представляетъ изъ себя ту дубильную кислоту, которая, соединяясь съ желѣзомъ, даетъ извѣстную соль, растворъ которой представляетъ собой чернила.

d) Эѳирныя масла.

Мы уже познакомились съ ароматическими спиртами и кислотами; теперь мы должны перейти къ образованію изъ нихъ простыхъ и сложныхъ эѳировъ, но въ соединеніяхъ этого рода мы встрѣчаемъ уже настолько сложное строеніе, что о принадлежности какого-либо изъ встрѣчающихся въ природѣ соединеній этого рода къ тому или другому классу мы можемъ говорить только предположительно, а не съ увѣренностью.

Терпентинное масло состоитъ главнымъ образомъ изъ углеводорода $C_{10}H_{16}$; терпентинъ получается изъ смолы хвойныхъ деревьевъ. Родственными съ этимъ соединеніемъ веществами являются смолы, какъ то: канадскій бальзамъ, даммаровая смола, янтарь, каучукъ и т. д.; въ зависимости отъ содержанія въ этихъ веществахъ эѳирныхъ маслъ, въ которыхъ они растворяются, они представляютъ собой жидкости или мягкія и твердыя тѣла.

Эѳирныя, или летучія масла отличаются отъ приведенныхъ нами раньше жирныхъ тѣмъ, что они могутъ совершенно улетучиваться, совсѣмъ не оставляя „жирныхъ пятенъ". Къ разряду ихъ принадлежатъ вещества, обусловливающія запахъ цвѣтовъ и многихъ фруктовъ; они легко растворяются въ спирту и въ этомъ видѣ идутъ отчасти на изготовленіе ликеровъ, отчасти употребляются, какъ духи. Сюда относятся масла: анисовое, лимонное тминное, гвоздичное, апельсинное, перечномятное, розовое. Нѣкоторыя изъ этихъ веществъ удалось получить уже лабораторнымъ путемъ, то есть помимо тѣхъ растеній, въ которыхъ это масло содержится. Насколько сложенъ составъ ихъ молекулъ можно судить по приведенной нами формулѣ строенія одного вещества, обусловливающаго запахъ фіалокъ; оно принадлежитъ къ числу соединеній, полученныхъ искусственнымъ путемъ:

```
    H     H
    |     |
  H-C-H H-C-H
      \ /
       C      H H H O H
      / \     | | | ‖ |
 H>C       C-C=C-C-C-H
 H  |      |  |       |
    |      |  H       H
  H-C      C-C-H
     \\   /   | |
       C     H H
       |
       H
```

Соединеніе, обусловливающее запахъ фіалокъ $C_{13}H_{20}O$.

Мы видимъ, какъ запутаны тутъ сочетанія отдѣльныхъ группъ атомовъ, какъ несимметрично расположены эти атомы. По сравненію съ тѣмъ порядкомъ, той равномѣрностью группировокъ, какіе мы привыкли встрѣчать въ природѣ, эта комбинація является, такъ сказать, „неестественной"; намъ не хочется вѣрить, что она точно воспроизводитъ именно то, что имѣется въ дѣйствительности. Если-бъ у химиковъ не было самыхъ неопро-

вержимыхъ доводовъ въ пользу того, что атомы углерода нигдѣ не встрѣчаются съ тройными связями, дѣлающими представленіе о бензойномъ ядрѣ совершенно излишнимъ, то мы могли бы написать для этого вещества, столь сложнаго по обыкновеннымъ нашимъ понятіямъ, необыкновенно изящную и симметричную формулу, которая имѣла бы слѣдующій видъ:

$$
\begin{array}{ccccccccccccccccccccccccccccc}
 & & H & & H & & H & & H & & & & & & H & & & & & & H & & H & & H & & H & & \\
 & & | & & | & & | & & | & & & & & & | & & & & & & | & & | & & | & & | & & \\
OH & - & C & - & C & - & C & - & C & - & C & \equiv & C & - & C & - & C & \equiv & C & - & C & - & C & - & C & - & C & - & H \\
 & & | & & | & & | & & | & & & & & & | & & & & & & | & & | & & | & & | & & \\
 & & H & & H & & H & & H & & & & \cdot & & H & & & & & & H & & H & & H & & H & &
\end{array}
$$

Итакъ, мы видимъ тутъ центральное тѣло, вокругъ котораго движутся по своимъ орбитамъ двѣ почти совершенно одинаковыхъ по вѣсу планетныхъ системы, связанныхъ съ нимъ тройными связями; въ свою очередь системы эти имѣютъ спутниковъ, тѣла H, и т. д. Можно думать, что правильность такихъ или подобныхъ формулъ, соотвѣтствующихъ общимъ нашимъ воззрѣніямъ на закономѣрность въ природѣ, раньше или позже будетъ доказана особыми работами, но теперь пока мы такихъ доказательствъ не имѣемъ.

Отысканіе по возможности наиболѣе гармоничныхъ и симметричныхъ соотношеній, такихъ, какія мы впервые видимъ въ гармоніи сферъ пиѳагорейцевъ, является не прихотью фантазіи, а настоятельной необходимостью, потому что оно всегда предшествуетъ установленію истинныхъ законовъ.

Не безынтересно то, что путемъ отнятія отъ фіалковаго масла 3 C мы получаемъ пахнущее совершенно иначе мятное масло, представляющее главную составную часть перечнаго масла; формула мятнаго масла, стало быть, напишется такъ: $C_{10}H_{20}O$.

e) Азотистыя соединенія съ бензойнымъ ядромъ.

Водородные атомы въ бензойномъ ядрѣ могутъ быть замѣщаемы не только группами, содержащими кислородъ, на ихъ мѣсто могутъ становиться и группы, заключающія въ себѣ азотъ. Такого рода одноатомной азотистой группой является, напр., при трехатомности азота, группа — NH_2. Будучи введена въ наше кольцо, она дастъ соединеніе вида: ⬡$-NH_2$. Это амидобензолъ, или анилинъ, вещество, которое уже пользуется достаточной извѣстностью и у насъ въ обиходѣ; съ химической точки зрѣнія, оно представляетъ глубокій интересъ. Оно, подобно многимъ изъ разсмотрѣнныхъ нами соединеній, получается изъ того же невиднаго дегтя, который какъ бы собралъ въ себѣ и довелъ до нашего времени всю совокупность химическихъ соединеній живой природы той первобытной эпохи. Изъ анилина можно получить краски всѣхъ цвѣтовъ и оттѣнковъ, всѣ цвѣта, какіе только встрѣчаются въ природѣ. При теперешней массовой фабрикаціи красокъ такъ называемыя анилиновыя краски, соли, представляющія собой соединеніе анилина или родственныхъ ему веществъ съ кислотами, изготовляются другимъ путемъ. Если отнять отъ каждаго изъ двухъ анилиновыхъ колецъ по водородному атому, то у насъ получится двѣ одноатомныхъ группы, которыя могутъ быть соединены вмѣстѣ: при этомъ образуется NH_2-⬡$-$⬡$-NH_2$ или двойной анилинъ, $C_{12}H_{12}N_2$, являющійся въ свою очередь исходнымъ соединеніемъ для цѣлаго ряда другихъ веществъ.

f) Соединенія, заключающія азотъ, кислородъ и т. д. въ ядрѣ.

До сихъ поръ въ разсматриваемыхъ нами соединеніяхъ шесть углеродныхъ атомовъ оставались всегда на своемъ мѣстѣ. Но есть такія вещества, строеніе которыхъ можно понять лишь въ томъ случаѣ, если предположить, что въ составъ ядра входятъ атомы не только C, но и другихъ веществъ; вслѣдствіе этого измѣняется и значность внутреннихъ связей. Если ввести въ ядро на мѣсто C одинъ атомъ N, то съ смежными атомами C этотъ N будетъ связанъ простыми связями, кромѣ того, у N останется еще одна свободная еди-

ница сродства, какой располагалъ и стоявшій до того углеродъ. Но вмѣсто С въ кольцѣ можетъ стоять также кислородъ или сѣра; эти элементы двуатомны, а потому, находясь въ ядрѣ, они не могутъ уже присоединить къ себѣ ни одного другого атома. Въ послѣднихъ двухъ случаяхъ у насъ получится вмѣсто шестиугольника только пятиугольникъ: теперь, какъ и раньше, двѣ пары углеродныхъ атомовъ будутъ связаны другъ съ другомъ двойными связями, и потому не останется ни одной свободной единицы сродства, которая могла бы присоединить къ себѣ пятый углеродный атомъ. Вотъ формулы, дающія представленіе объ этихъ трехъ различныхъ классахъ тѣлъ:

```
H—C—C—H          H—C—C—H          H—C—C—H
  ||  ||            ||  ||            ||  ||
H—C—C—H          H—C—C—H          H—C—C—H
   \ /               \ /               \ /
   N—H                O                 S
```

Пирролъ — Фурфуранъ — Тіофенъ

Эти три вещества текже содержатся въ дегтѣ. Пирролъ по своимъ свойствамъ очень подходитъ къ хлороформу, а тіофенъ весьма похожъ на бензолъ, несмотря на то, что содержитъ въ себѣ такой элементъ, какъ сѣру, тогда какъ бензолъ представляетъ собой чистый углеводородъ. Всѣ три—безцвѣтныя жидкости. Фурфуранъ кипитъ при 32°, тіофенъ при 84° (для бензола точка кипѣнія 81°), а пирролъ при 131°.

Индолъ C_8H_7N — Пиридинъ C_5H_5N — Хинолинъ C_9H_7N — Антипиринъ $C_9H_{12}N_2O$.

Далѣе могутъ еще существовать группировки и такого рода:

Въ первомъ изъ этихъ соединеній, въ индолѣ, пирроловое кольцо, какъ мы видимъ, сочетается съ бензойной группой. Вещество это дурно пахнетъ; оно относится къ числу продуктовъ разложенія бѣлка, одно изъ производныхъ его содержится въ человѣческихъ испражненіяхъ. Въ пиридинѣ N содержится въ совершенно правильномъ обычномъ, стало быть, шестиугольномъ бензойномъ ядрѣ; это N не можетъ присоединить къ себѣ ни одного другого атома, потому что азотъ располагаетъ всегда только тремя единицами сродства. Пиридинъ обладаетъ также непріятнымъ запахомъ и потому его примѣшиваютъ къ спирту, чтобы сдѣлать его негоднымъ для питья (денатуризованный спиртъ); такой спиртъ годится для спиртовыхъ лампъ. Въ хинолинѣ пиридиновая группа соединена съ бензойнымъ ядромъ. Хинолинъ сходенъ съ хининомъ, извѣстнымъ противолихорадочнымъ средствомъ, которое изготовляется изъ коры хиннаго дерева; точное строеніе хинина однако до сихъ поръ неизвѣстно. Изъ хинолина удалось получить рядъ веществъ, дѣйствующихъ подобно хинину; въ качествѣ противолихорадочныхъ. Среди нихъ наибольшей извѣстностью пользуется антипиринъ, довольно сложную формулу котораго мы приводимъ. Мы видимъ, что въ антипиринѣ свободная единица сродства атома азота присоединяетъ къ тому ядру, въ которомъ этотъ N атомъ содержится, цѣлое бензойное ядро.

Точно такимъ же образомъ мы могли бы получить еще много другихъ соединеній, состоящихъ изъ цѣпей ядеръ и боковыхъ цѣпей, но приведенныхъ примѣровъ уже вполнѣ достаточно.

g) Алкалоиды.

Мы переходимъ теперь къ разсмотрѣнію ряда такихъ тѣлъ, составъ которыхъ мы знаемъ, что же касается до молекулярнаго строенія ихъ, то тутъ мы встрѣчаемъ еще много невыясненнаго. Съ химической точки зрѣнія, эти вещества обла-

даютъ ясно выраженнымъ основнымъ характеромъ и потому образуютъ съ кислотами такія же соли, какъ ѣдкій кали, ѣдкій натръ или известь; они только слабѣе этихъ минеральныхъ основаній; поэтому минеральныя щелочи могутъ вытѣснять ихъ изъ ихъ соединеній, что даетъ намъ способъ полученія этихъ веществъ, которыя потому и получили названіе алкалоидовъ. На человѣческій организмъ они дѣйствуютъ сильно: это—или сильные яды, или острыя пряности или, наконецъ, лекарственныя средства. Укажемъ нѣкоторые изъ алкалоидовъ:

Теоброминъ, $C_7H_8N_4O_2$, придаетъ бобамъ какао ихъ горьковатый вкусъ, кофеинъ, $C_8H_{10}N_4O_2$, содержится въ кофейныхъ зернахъ а также въ чаѣ. Это средство дѣйствуетъ на нервы сильно возбуждающимъ образомъ, на чемъ и основаны свойства обоихъ распространенныхъ напитковъ; въ большихъ количествахъ представляетъ ядъ. Этотъ кофейный или чайный экстрактъ, какъ мы могли бы назвать кофеинъ, отличается отъ того вещества, которое входитъ въ какао, только лишней группой CH_2.

Къ той же группѣ алкалоидовъ принадлежатъ противолихорадочное средство хининъ, $C_{20}H_{24}N_2O_2$ и извѣстный всѣмъ своей исключительной силой ядъ стрихнинъ, $C_{21}H_{22}N_2O_2$, который содержится въ глазахъ воронъ, благодаря чему толченые вороньи глаза входили въ число тайныхъ средствъ кухни средневѣковыхъ колдуновъ и колдуній. Стрихнинъ отличается отъ цѣлебнаго хинина только лишнимъ C и двумя недостающими H. Къ числу алкалоидовъ относятся также пиперинъ, $C_{17}H_{19}NO_3$, морфинъ, $C_{17}H_{19}NO_3 + H_2O$, атропинъ, $C_{17}H_{23}NO_3$ и кокаинъ, $C_{17}H_{21}NO_4$. Всѣ эти вещества, столь отличныя по своимъ дѣйствіямъ, по процентному отношенію содержащихся въ нихъ элементовъ другъ съ другомъ очень сходны. Во всѣхъ имѣется по 17 атомовъ углерода, въ трехъ изъ нихъ содержится также по стойкой группѣ NO_3; пиперинъ, дѣйствующее вещество перца, отличается отъ морфина (извѣстное снотворное вырабатываемое изъ сока маковыхъ зеренъ; въ большихъ дозахъ сильный ядъ) только одной частицей воды, которая въ морфинѣ химически связана съ остальными атомами. Атропинъ, такой же ядъ, какъ и морфинъ, получается изъ бѣлены; отнимая отъ него четыре H, мы получимъ морфинъ, или пиперинъ. Извѣстно, что очень небольшія количества атропина расширяютъ глазной зрачекъ. Если въ атропинѣ замѣнить два H однимъ O, то получится кокаинъ; названіе онъ получилъ отъ того растенія (кока), въ которомъ онъ содержится. Кокаинъ извѣстенъ какъ средство, успокаивающее нервную боль. Въ коніинѣ, $C_3H_{17}N$, и въ никотинѣ, $C_{10}H_{14}N_2$, кислорода совсѣмъ не содержится. Оба эти вещества сильные яды. Никотинъ содержится въ табакѣ. Въ нѣкоторыхъ сортахъ табаку его содержится до 8 процентовъ, въ гаванскомъ табакѣ меньше, чѣмъ въ другихъ сортахъ, всего лишь 2 процента. Кромѣ того, къ алкалоидамъ принадлежитъ такъ называемый трупный ядъ, или птомаинъ, образующійся при разложеніи труповъ.

h) Бѣлковыя вещества.

Мы, наконецъ, пришли къ высшему классу химическихъ соединеній, встрѣчающихся въ природѣ — бѣлкамъ, играющимъ въ ней чрезвычайно важную роль. До сихъ поръ не извѣстенъ даже просто составъ бѣлковыхъ соединеній, но еще меньше знаютъ о строеніи ихъ молекулъ, про которыя можно во всякомъ случаѣ сказать, что они состоятъ изъ нѣсколькихъ сотъ атомовъ. Одна изъ гипотетическихъ формулъ, пользовавшаяся до послѣдняго времени извѣстностью, имѣетъ такой видъ: $C_{72}H_{112}N_{13}O_{22}S$. По новѣйшимъ изслѣдованіямъ, о которыхъ въ 1902 г. докладывалъ на съѣздѣ естествоиспытателей въ Карлсбадѣ. Гофмейстеръ, оказывается, что формулы, подобныя приведенной, представляютъ собой лишь отдѣльныя ядра, которыхъ въ сформировавшейся молекулѣ бѣлка должно содержаться больше ста, онѣ сочетаются другъ съ другомъ самыми разнообразными способами, такимъ образомъ, молекулярный вѣсъ этого соединенія равенъ, по всей вѣроятности, 16—17,000 (при $H = 1$).

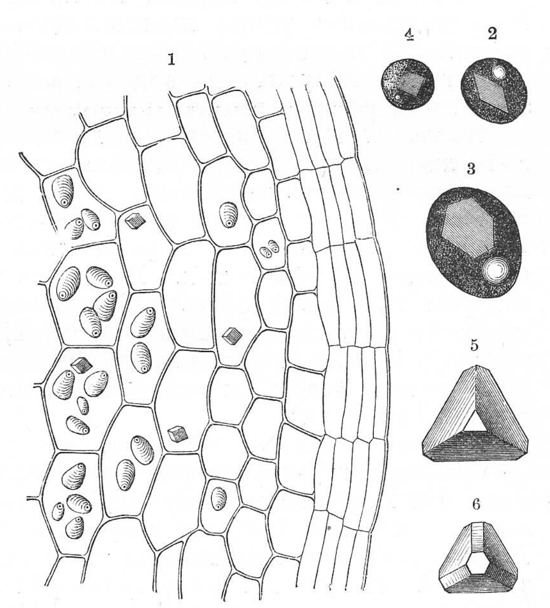
Природа изъ болѣе чѣмъ ста элементовъ, оставляя ихъ въ сущности неизмѣненными, создаетъ мозаичную картину органическихъ видовъ и машинъ, содержащихъ въ себѣ бѣлокъ, и, очень можетъ быть, что каждый отдѣльный видъ животныхъ имѣетъ свой бѣлокъ особаго строенія, являющійся его отличительнымъ видовымъ признакомъ и передающимся дальше по наслѣдству. Если бы это предположеніе оказалось правильнымъ, то сохраненіе вида было бы почти чисто химическимъ явленіемъ. Что бѣлокъ имѣетъ столь сложный составъ слѣдуетъ изъ того, что при помощи соотвѣтственныхъ процедуръ можно приготовить изъ него цѣлое множество различныхъ также сложныхъ веществъ, изученіемъ которыхъ мы занимались до сихъ поръ. Можно думать, что въ бѣлкѣ содержатся всѣ прочія вещества, встрѣчающіяся въ живой природѣ или что они могутъ быть изъ него получены.

Ту роль, которую въ растительномъ царствѣ играютъ углеводы, а, стало быть, прежде всего крахмалъ, въ животномъ царствѣ играетъ бѣлокъ. Растенія образованы главнымъ образомъ изъ крахмала и его производныхъ, тѣла же животныхъ состоятъ почти цѣликомъ изъ бѣлка и, за отнятіемъ отъ нихъ содержащихся въ нихъ воды и жира, остаются одни бѣлковыя вещества. Но въ незначительномъ количествѣ бѣлокъ встрѣчается и въ растеніяхъ, именно въ ихъ сѣменахъ. Въ клѣткахъ растеній часто можно видѣть наряду съ зернами крахмала кристалловидное вещество, отличающееся мягкостью и упругостью; оно содержитъ въ себѣ и бѣлокъ. Эти интересныя образованія, имѣющія въ различныхъ случаяхъ различную форму, называются кристаллоидами (см. рис. рядомъ).

Кристаллоиды. 1. Кристаллоиды и крахмальныя зерна въ клѣткахъ картофельнаго клубня. 2—4. Кристаллоиды въ протеиновыхъ зернахъ. 5—6. Отдѣльные кристаллоиды изъ клещевины. Сильно увеличено. Изъ „Жизни растеній", Кернеръ ф. Марилауна. См. текстъ рядомъ.

Подобно крахмалу, обладающему сравнительно простымъ строеніемъ и принимающему самыя разнообразныя формы, во многихъ видахъ встрѣчается и бѣлокъ, только число его формъ еще гораздо больше.

Тотъ бѣлокъ, какой мы видимъ въ куриныхъ яйцахъ, называется альбуминомъ. Мы знаемъ, что въ холодной водѣ альбуминъ растворяется прекрасно, въ горячей же водѣ онъ сворачивается, дѣлается нерастворимымъ и осаждается. Въ формѣ фибрина бѣлокъ представляетъ главную часть животныхъ тканей, въ особенности же мускуловъ. Эта форма бѣлка сохраняетъ жидкое состояніе лишь при температурѣ нашей крови; при болѣе низкихъ температурахъ фибринъ затвердѣваетъ, благодаря чему наши члены на морозѣ и по наступленіи смерти коченѣютъ. Казеинъ представляетъ изъ себя бѣлокъ, входящій въ составъ молока; онъ можетъ быть путемъ извѣстной процедуры изъ молока выдѣленъ. Глобулиномъ называются встрѣчающіяся въ клѣткахъ растеній бѣлковыя тѣльца, какія можно видѣть также въ стручковыхъ растеніяхъ, въ бобахъ, горохѣ и т. п. Сюда относятся также тѣ небольшія алейроновыя, или протеиновыя тѣльца, которыя содержатся въ частности въ клѣткахъ сѣмянъ, богатыхъ масломъ и наряду съ кристаллоидами заключаютъ въ себѣ глобоиды точно такого же состава (см. рисунокъ выше, 2—4). Они содержатся также и въ яичномъ желткѣ. Точно также къ бѣлкамъ относятся птіалинъ, содержащійся въ слюнѣ, пепсинъ — содержащійся въ желудкѣ, другія (слизистыя) отдѣленія, костный клей,



Кристаллоиды. **1.** Кристаллоиды и крахмальныя зерна въ клѣткахъ картофельнаго клубня. **2—4.** Кристаллоиды въ протеиновыхъ зернахъ. **5—6**. Отдѣльные кристаллоиды изъ клещевины. Сильно увеличено. Изъ „Жизни растеній", Кернеръ ф. Марилауна. См. текстъ рядомъ.

роговое вещество роговъ, ногтей, волосъ и т. п. Кровь состоитъ въ значительной мѣрѣ изъ бѣлка въ формѣ альбумина и фибрина, а протоплазма представляетъ собой или прямо живой бѣлокъ безъ органовъ или же содержитъ бѣлокъ въ значительной степени; о химическомъ же составѣ и строеніи протоплазмы мы знаемъ еще меньше, чѣмъ о составѣ и строеніи самого бѣлка.

i) Общіе выводы.

Бросимъ теперь еще разъ взглядъ на всѣ группировки, въ какихъ можно наблюдать тѣ нѣсколько элементовъ, изъ которыхъ образована вся живая природа.

Прежде всего мы видимъ, что множество веществъ упомянутыхъ нами выше и составляющихъ только незначительную часть тѣхъ соединеній, какія можно получить по указаннымъ раньше способамъ, образованы всего лишь изъ четырехъ органогеновъ, изъ углерода, водорода, кислорода и азота, и еще изъ нѣсколькихъ элементовъ, которые входятъ въ эти соединенія лишь въ самыхъ незначительныхъ количествахъ. Мы сами говорили до сихъ поръ только о хлорѣ и сѣрѣ, да и то всего лишь въ нѣсколькихъ случаяхъ. Но въ органическихъ соединеніяхъ содержатся, кромѣ этихъ элементовъ, еще и другіе; а именно: фосфоръ, входящій въ формѣ фосфорноизвестковой соли въ составъ костей, а также въ составъ бѣлаго мозгового вещества, мочи и различныхъ частей растеній; желѣзо, ѣдкій кали, ѣдкій натръ, кремній и т. д. Но на всѣ эти вещества, какъ бы ни была важна ихъ роль въ обиходѣ природы, можно смотрѣть все-таки лишь, какъ на нѣчто придаточное къ тѣмъ главнымъ группамъ, съ которыми мы познакомились. Все разнообразіе явленій живого міра обусловлено наличностью именно такихъ главныхъ группъ. Теперь мы еще разъ укажемъ характерныя особенности этихъ главныхъ группъ.

Прежде всего мы замѣтили, что органогены образуютъ извѣстныя вполнѣ опредѣленныя группы, которыя при всякаго рода перегруппировкахъ, происходящихъ при химическихъ превращеніяхъ, не претерпѣваютъ, по большей части, никакихъ измѣненій, благодаря чему мы получаемъ опредѣленные классы соединеній съ опредѣленными химическими свойствами. Эти группы, составляющія только часть той совокупности атомовъ, которыя представляются намъ въ видѣ того или другого вещества, и вслѣдствіе этого обладаютъ всегда одной или нѣсколькими единицами сродства, позволяющими имъ присоединиться къ другимъ группамъ, мы назвали псевдоэлементами; названіе это мы считали себя въ правѣ дать имъ потому, что, и въ самомъ дѣлѣ, своей устойчивостью и тѣмъ особеннымъ характеромъ, какой они придаютъ получающимся при ихъ участіи соединеніямъ, они напоминаютъ элементы настоящіе. Разумѣется, въ нѣкоторыхъ случаяхъ эти группы могутъ распасться такъ или иначе на составляющіе ихъ атомы, но въ этомъ случаѣ соотвѣтственнымъ образомъ измѣняются и свойства самаго вещества. Вотъ эти группы:

$-CH_3$	= метилъ	= группа метана.
$=CH_2$	=	= группа этилена.
$\equiv CH$	= пропилъ	= группа ацетилена.
$-OH$	= гидроксилъ	= группа спиртовъ.
$COOH$	= карбоксилъ	= группа кислотъ.
$-COH$		= группа алдегидовъ.
$=COO$		= группа сложныхъ эѳировъ.
$-NH_2$		= группа амидосоединеній.
$=NH$		= группа имидосоединеній.
$-C_6H_5$	= фенилъ	= бензойное ядро съ одной единицей сродства.

Различныя органическія соединенія мы разбиваемъ на слѣдующія группы.

Всѣ тѣла съ незамкнутой цѣпью мы относимъ къ жирамъ, всѣ вещества съ группировкой кольцеобразной называемъ ароматическими.

Всѣ тѣла, заключающія въ себѣ только группы CH_3, CH_2, CH или только бензойныя ядра, или тѣ и другія вмѣстѣ, называются чистыми углеводоро-

дами; этого рода соединенія состоятъ только изъ C и H и потому легко притягиваютъ къ себѣ кислородъ, необходимый имъ для горѣнія. Въ силу этого углеводороды горючи; само собой разумѣется, что чѣмъ больше въ нихъ группъ CH_2, тѣмъ труднѣе они горятъ, потому что увеличеніе числа этихъ группъ повышаетъ соотвѣтственнымъ образомъ ихъ точку кипѣнія. Такимъ образомъ углеводороды съ небольшимъ числомъ группъ представляютъ собой газы, углеводороды съ большимъ числомъ членовъ-группъ принадлежатъ къ тѣламъ жидкимъ и, наконецъ, тѣ, въ которыхъ такихъ группъ уже много — тѣла твердыя. Въ тѣлахъ съ замкнутыми цѣпями атомовъ ряды ихъ начинаются прямо съ тѣлъ жидкихъ. Углеводороды распадаются на слѣдующія группы: газы, масла и воскообразныя, или смолистыя тѣла. Масла съ разомкнутой цѣпью—масла жирныя, масла съ цѣпью замкнутой относятся къ эѳирамъ и улетучиваются сполна, не оставляя слѣдовъ.

OH (гидроксилъ) содержится въ спиртахъ, а также въ фенолахъ (соединенія съ кольцеобразной группировкой); уже самые первые члены рядовъ спиртовъ представляютъ собой жидкости. Спирты горючи, конечно, въ зависимости отъ ихъ точекъ кипѣнія, которыя тутъ, какъ и во всѣхъ прочихъ органическихъ соединеніяхъ, зависятъ отъ числа входящихъ въ эти вещества группъ. Существуютъ также спирты дву- и многозначные, что опредѣляется тѣмъ, входитъ ли группа OH въ ихъ составъ два раза или большее число разъ. Въ тѣлахъ съ замкнутыми цѣпями и гидроксиломъ имѣется еще одна или нѣсколько группъ; спиртами называются только тѣла послѣдняго рода; называются они такъ потому, что свойствами своими напоминаютъ спирты съ замкнутой цѣпью; фенолы же приближаются по своимъ характернымъ особенностямъ къ кислотамъ и, по большей части, дѣйствуютъ, какъ дезинфецирующія (карболовая кислота) средства. Спирты горятъ, фенолы—негорючи. Въ спиртахъ имѣющіеся въ нихъ водородные атомы притягиваютъ кислородъ, который соединяется со сказанными группами; въ фенолахъ же, гдѣ водные остатки присоединены къ ядру непосредственно, водородные атомы связаны съ остальными слишкомъ крѣпко, поэтому фенолы легче отдаютъ свой кислородъ, то есть окисляютъ тѣла, приходящія съ ними въ соприкосновеніе.

Если въ какой либо цѣпи атомовъ, замкнутой или разомкнутой, имѣется группа COOH, то такое тѣло представляетъ собой органическую кислоту, другими словами, содержащійся въ немъ кислородъ оно будетъ отдавать другимъ тѣламъ. Эти кислоты поддерживаютъ горѣніе (окисленіе), но сами не горючи. Число кислотъ, главнымъ образомъ ароматическихъ, весьма велико.

Если тѣло, содержащее въ себѣ группу OH, вступаетъ въ соединеніе съ тѣломъ, имѣющимъ группу COOH, то есть если соединяются спиртъ съ кислотой, то выдѣляется H_2O, вода, и въ полученномъ тѣлѣ остается группа —COO—, характерная для сложныхъ эѳировъ. Сложные эѳиры обладаютъ съ химической точки зрѣнія свойствами солей; такъ они нейтральны, но въ виду большого количества содержащагося въ нихъ кислорода, горѣніе поддерживаютъ. Особенно эти свойства выступаютъ въ сложныхъ эѳирахъ трехатомнаго спирта, глицерина, въ жирахъ и жирныхъ маслахъ.

Если въ формулѣ какого-либо соединенія между отдѣльными группами окажется одинъ или нѣсколько отдѣльныхъ O, то такое вещество будетъ простымъ эѳиромъ. Этотъ кислородный атомъ очень легко вступаетъ въ соединеніе съ содержащимися въ немъ водородными атомами и образуетъ воду, а соединяясь съ углеродомъ, даетъ углекислоту; этимъ объясняется легкая воспламеняемость эѳировъ.

Новую группу образуютъ алдегиды; для нихъ характернымъ сочетаніемъ атомовъ является COH. Они составляютъ промежуточную ступень между спиртами и кислотами; алдегиды сильно притягиваютъ кислородъ тѣхъ веществъ, съ которыми приходятъ въ соприкосновеніе, образуя при этомъ кислоты. Этимъ объясняется способность алдегидовъ уничтожать микроорганизмы, дезинфецировать.

Группой NH_2 характеризуются нитросоединенія, амидосоединенія; группа эта можетъ замѣнить собой H всякой другой группы. Въ имидосоединеніяхъ

мы встрѣчаемъ двузначную группу NH. Соединенія эти обладаютъ амміачными свойствами: въ организмахъ животныхъ они играютъ важную роль.

Кромѣ этихъ группъ, къ числу наиболѣе важныхъ въ обиходѣ природѣ, какъ мы видѣли, слѣдуетъ отнести группу углеводовъ. Въ нихъ число атомовъ H превосходитъ вдвое число атомовъ O, но воды эти атомы въ совокупности не даютъ. Съ нашей стороны было бы ошибкой обозначить это сочетаніе атомовъ особымъ символомъ H_2O. Характерной для углеводовъ является другая группа, а именно: $=(CH)-OH$. Углеводы въ соединеніе съ группами замкнутыхъ цѣпей не вступаютъ.

Къ числу этихъ веществъ относятся наиболѣе интересныя и сложныя соединенія: алкалоиды и бѣлки. Первые, какъ показываетъ само ихъ названіе, обладаютъ щелочными свойствами; бѣлокъ же является сложной смѣсью соединеній, отличающихся всевозможными свойствами, и потому мы не въ состояніи отнести его ни къ одной какой-нибудь опредѣленной категоріи.

Очень важное значеніе имѣло открытіе, устанавливавшее, что вещества съ однимъ и тѣмъ же числомъ составляющихъ ихъ атомовъ, то есть вещества одного и того же атомнаго состава, при измѣненіи только группировки этихъ атомовъ, пріобрѣтаютъ новыя свойства. Другими словами, убѣдились, что характеръ того или другого соединенія въ опредѣленномъ случаѣ обусловливается только группировкой атомовъ, которую указываютъ при помощи особыхъ символовъ. Мы сказали, что такія соединенія, состоящія изъ одного и того же числа однихъ и тѣхъ же атомовъ, но обладающія различными группировками этихъ атомовъ, называются изомерами. Наиболѣе своеобразны тѣ изомеры, которыя представляютъ собой замкнутыя цѣпи атомовъ съ вполнѣ насыщенными единицами сродства. Ихъ мѣсто могутъ заступать цѣпи съ углеродными атомами, связанными съ другими тройными связями; въ этомъ случаѣ они будутъ носить характеръ такъ называемыхъ ненасыщенныхъ соединеній и потому тутъ возможно присоединеніе еще другихъ атомовъ или группъ, чего въ соединеніяхъ съ замкнутой цѣпью не бываетъ.

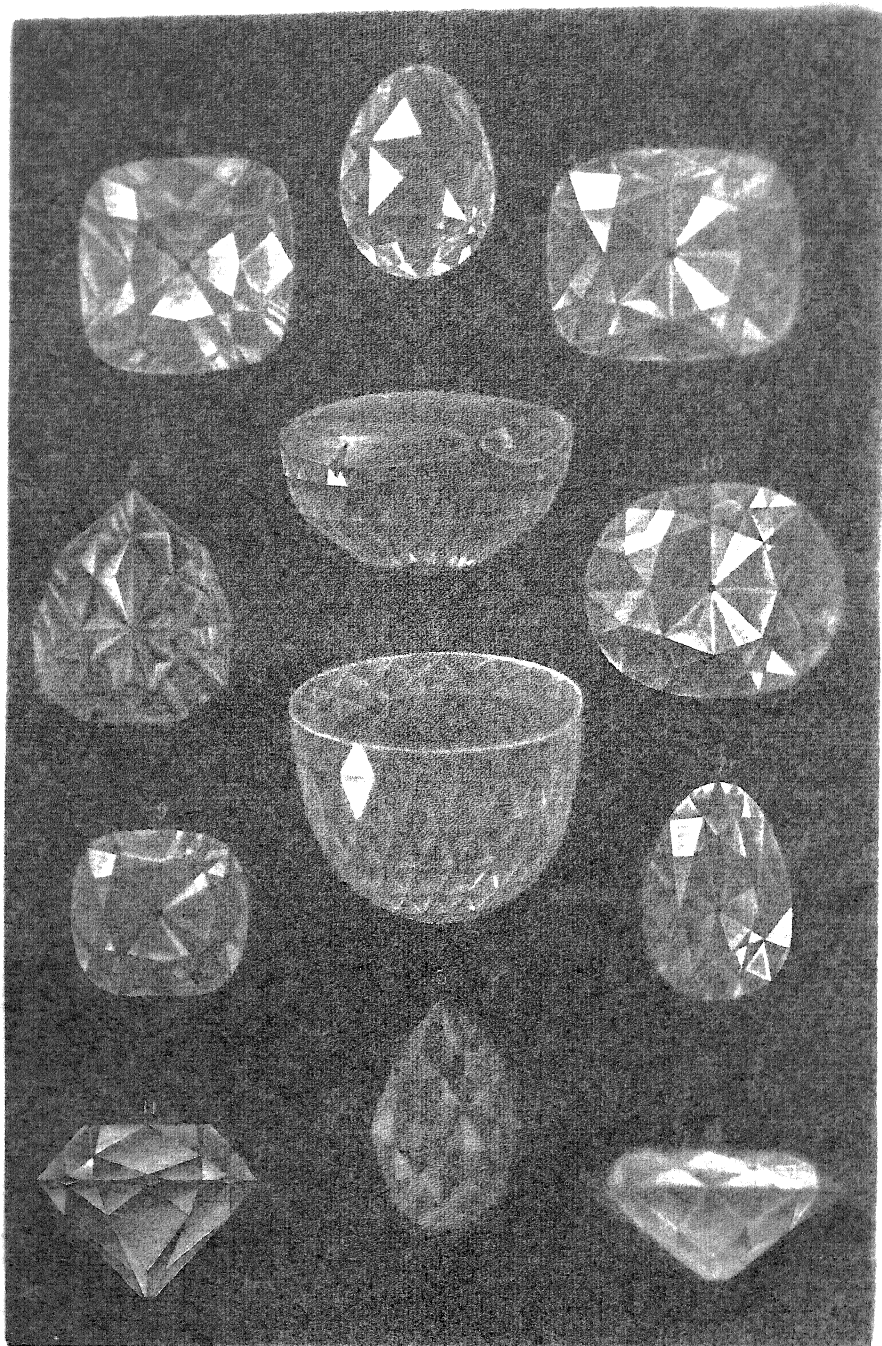
Пользуясь только этими простыми веществами живая природа создала тѣ тысячи различныхъ веществъ, которыя исполняютъ въ ея обиходѣ самыя разнообразныя назначенія. Отсюда мы заключаемъ, что даже многостороннее дѣйствіе машинъ органическаго происхожденія должно слѣдовать нѣкоторымъ простымъ законамъ, которые будущее непремѣнно откроетъ.

Въ слѣдующихъ главахъ этого сочиненія мы говоримъ о кристаллическихъ системахъ и объ отношеніи химическаго строенія вещества къ теплотѣ, свѣту и электричеству; тутъ мы познакомимся ближе съ нѣкоторыми законами, управляющими какъ химическими, такъ и физическими процессами.

4. Кристаллическія системы.

Прежде чѣмъ перейти къ выясненію соотношеній между физическими явленіями, описанными въ первомъ отдѣлѣ нашей книги, и химическими свойствами матеріи, разсмотрѣніемъ которыхъ мы занимаемся теперь, необходимо нѣсколько болѣе освоиться съ однимъ изъ наиболѣе удивительныхъ проявленій силъ въ матеріи, играющему весьма важную роль въ области химическихъ превращеній; процессу этому мы удѣлили не мало мѣста уже въ предшествовавшихъ главахъ; мы говоримъ о кристаллизаціи.

Мы знаемъ, что какъ элементы, такъ и химическія соединенія при самыхъ разнообразныхъ условіяхъ выкристаллизовываются, то есть принимаютъ, при переходѣ изъ жидкаго или газообразнаго состоянія въ твердое, вполнѣ опредѣленныя и симметричныя формы; одно и то же вещество кристаллизуется, по большей части, въ однѣхъ и тѣхъ же формахъ; это показываетъ, что кристаллическія формы связаны самымъ тѣснымъ образомъ съ условіями атомнаго строенія вещества, такъ что онѣ являются весьма цѣннымъ матеріаломъ для ознакомленія съ сущностью атомныхъ группировокъ.



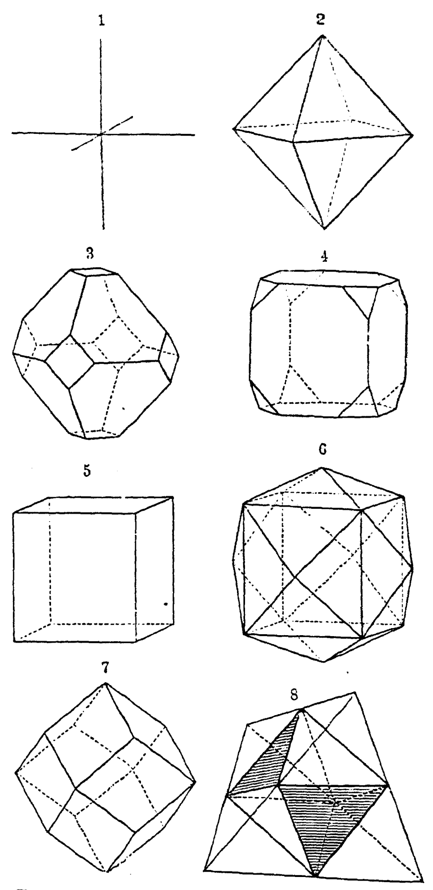
Жизнь природы. [illegible]

Величайшіе въ мірѣ алмазы.

1) Великій моголъ, [illegible] Регентъ или Питтъ, наход. во французской сокровищницѣ [illegible] кар.; 3 и 5) Флорентійскій, наход. въ сокровищницѣ австрійскаго императора; 4 и 12) [illegible] найденъ въ Бразиліи, [illegible] 125 к., 6) Санси, собственность русскаго [illegible] $53\frac{1}{2}$ к.; 7) Зеленый [illegible] въ Дрезденѣ 40 к.; 8) Коинуръ, [illegible] ійской сокровищницѣ [illegible] к.; 10) въ новомъ видѣ — $106\frac{1}{16}$ к.; 9) [illegible] въ Амстердамѣ, $44\frac{1}{4}$ к.

Подобно тому, какъ раньше мы предпослали изученію химическихъ процессовъ лишь болѣе или менѣе схематическій обзоръ химическихъ превращеній веществъ, такъ и теперь мы займемся лишь бѣглой группировкой кристаллическихъ формъ по ихъ внѣшнимъ признакамъ; что же касается до сущности этого до сихъ поръ все еще таинственнаго явленія, то знакомство съ относящимися сюда фактами мы откладываемъ до другого мѣста.

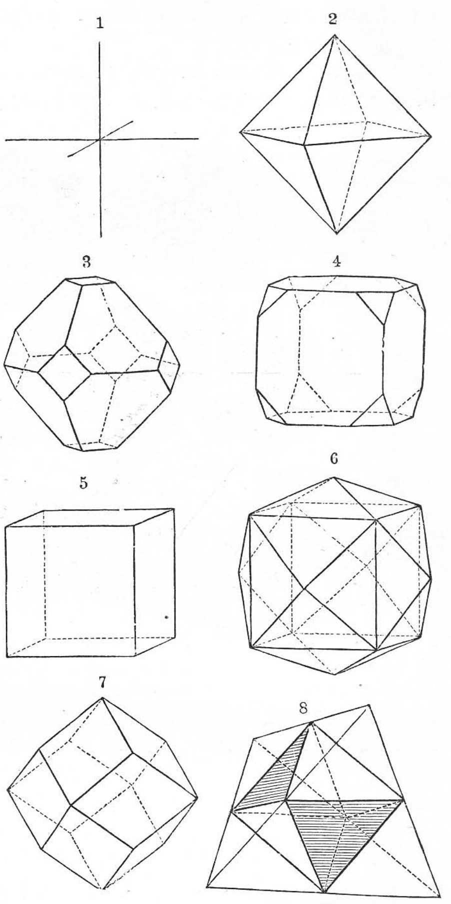
Хотя достаточно одного взгляда на кристаллъ, чтобы тотчасъ же увидать, что онъ построенъ по тому или другому закону симметріи, но опредѣлить характеръ этой симметріи бываетъ часто весьма и весьма трудно, потому что кристаллы лишь въ рѣдкихъ случаяхъ имѣютъ вполнѣ чистую форму, въ большинствѣ же случаевъ эти формы очень сложны. Кристаллы, по всей справедливости, можно назвать цвѣтами минеральнаго царства. Мы въ правѣ называть ихъ такъ по цѣлому ряду соображеній: какъ въ тѣхъ, такъ и въ другихъ мы удивляемся ихъ восхитительной симметріи и красотѣ ихъ красокъ. Правда, и цвѣты, и кристаллы допускаютъ извѣстныя отклоненія отъ нормальнаго типа, но для каждаго вида существуютъ свои опредѣленныя типичныя формы, а болѣе общія свойства этихъ типичныхъ формъ могутъ служить уже родовыми признаками, признаками семейства, и т. д. Кристаллы также могутъ рости и развѣтвляться при извѣстныхъ дѣйствіяхъ силъ природы, какъ и растенія.



Простыя формы кристалловъ правильной системы. 1. Равныя и взаимноперпендикулярныя оси правильной системы. 2. Октаедръ. 3. Октаедръ съ срѣзанными углами. 4. Переходная форма (отъ октаедра къ кубу.) 5. Кубъ. 6. Пирамидальный кубъ. 7. Ромбическій додекаедръ. 8. Полученіе тетраедра изъ октаедра путемъ геміедріи. См. текстъ рядомъ.

Мы уже видѣли, что, сообразно съ осями симметріи, распредѣляются оптическія свойства кристалловъ; то же самое приходится сказать и о распредѣленіи въ кристаллахъ свойствъ электрическихъ, магнитныхъ, тепловыхъ и упругихъ. Мы приходимъ къ тому выводу, что само происхожденіе кристалловъ, по всей вѣроятности, тѣсно связано съ расположеніемъ этихъ осей, а потому естественно будетъ положить въ основу систематизаціи кристалловъ взаимоотношеніе этихъ осей.

Каждый кристаллъ, какъ всякое другое тѣло, имѣетъ три измѣренія. Простѣйшимъ случаемъ принятой нами системы будетъ тотъ, когда всѣ три оси будутъ одной и той же длины и при томъ взаимно перпендикулярны см. рис. рядомъ, фиг. 1). Концовъ у этихъ трехъ осей шесть; эти шесть точекъ могутъ служить вершинами угловъ нѣкотораго правильнаго тѣла, или же оканчиваться на его ребрахъ или граняхъ. Этому условію удовлетворяетъ цѣлый рядъ различныхъ тѣлъ. Прежде всего выполнимъ такое построеніе: проведемъ черезъ каждыя три точки по плоскости,—у насъ получится октаедръ, ограниченный со всѣхъ сторонъ правильными треугольниками (см. рис. выше, фиг. 2) съ соотвѣтственно равными: углами, ребрами и гранями. Такую форму, наряду съ магнитнымъ желѣзнякомъ, имѣетъ углеродъ — алмазъ (см. приложеніе „Драгоцѣнные камни", стр. 418, фиг. 14), но для усиленія свѣтопреломляющей способности его еще особеннымъ образомъ отшлифовываютъ (см. приложеніе къ этой стр. „Величайшіе въ мірѣ алмазы"). Угле-



Простыя формы кристалловъ правильной системы. 1. Равныя и взаимноперпендикулярныя оси правильной системы. 2. Октаедръ. 3. Октаедръ съ срѣзанными углами. 4. Переходная форма (отъ октаедра къ кубу.) 5. Кубъ. 6. Пирамидальный кубъ. 7. Ромбическій додекаедръ. 8. Полученіе тетраедра изъ октаедра путемъ геміедріи. См. текстъ рядомъ.

родъ, изъ котораго построенъ весь органическій міръ, въ этомъ кристаллическомъ состояніи принимаетъ простѣйшую изъ существующихъ формъ; въ видѣ же графита онъ обладаетъ далеко не столь симметричной структурой. Съ какой точки зрѣнія ни разсматривать углеродъ, его всегда придется признать самымъ многообразнымъ изъ элементовъ. Природа проявляется во всевозможныхъ формахъ; частицы матеріи, сгруппировываясь въ твердыя системы, могутъ образовывать комбинаціи той или другой формы, но всякій разъ должны быть выполнены тѣ условія симметріи, которыя являются внѣшнимъ выраженіемъ глубокосокрытой закономѣрности, согласно которой совершается и самый переходъ кристаллизующагося вещества въ твердое состояніе.

Если срѣзать шесть угловъ октаедра такъ, чтобы вмѣсто нихъ у насъ получились горизонтальныя и вертикальныя плоскости, то концы осей теперь придутся въ серединахъ этихъ плоскостей; мы образуемъ, стало быть, тѣло съ четырнадцатью сторонами (см. фиг. 3, стр. 485); шесть новыхъ плоскостей, какъ и прежнія, другъ другу соотвѣтственно равны; взаимоотношеніе и расположеніе осей относительно другъ друга осталось то же, что и раньше.



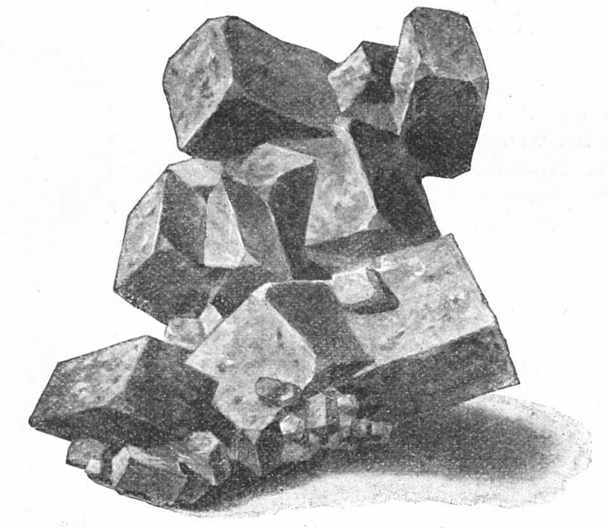
Кристаллы свинцоваго блеска. См. текстъ рядомъ.

Эти шесть плоскостей, приближаясь къ точкѣ пересѣченія осей все больше и больше, наконецъ, принимаютъ такое положеніе, при которомъ онѣ другъ съ другомъ пересѣкаются; линіи пересѣченія, ребра, всѣ будутъ либо горизонтальны, либо вертикальны, а стало быть, параллельны осямъ. Такого рода тѣло изображено у насъ на фиг. 4 (стр. 485); въ этихъ формахъ кристаллизуется, напримѣръ, свинцовый блескъ. Наконецъ, всѣ плоскости настолько сближаются, что въ пересѣченіи ихъ получаются одни прямые углы; теперь у насъ будетъ тѣло всего о шести сторонахъ; мы получаемъ тѣло, въ которомъ всѣ соотвѣтственные элементы равны. Это — кубъ, или гексаедръ (см. фиг. 5, стр. 485). Въ кристаллахъ кубической формы кристаллизуется поваренная соль; кристаллы плавиковаго шпата имѣютъ ту же простую кубическую форму, только ея нельзя сразу разобрать во множествѣ приросшихъ другъ къ другу кубовъ.

Если на каждой грани куба построить по четырехугольной пирамидѣ такъ, чтобы оси оканчивались въ ихъ вершинахъ (такихъ пирамидъ будетъ шесть), то мы снова получимъ совершенно правильное тѣло, расположеніе и величина осей котораго удовлетворяютъ сказаннымъ условіямъ; въ этомъ тѣлѣ насчитывается уже 4×6, то есть 24 равныхъ грани. Такое тѣло (см. фиг. 6, стр. 485) носитъ названіе пирамидальнаго куба. Вмѣсто того, чтобы срѣзывать у октаедра его углы у вершинъ, можно срѣзать его ребра. Въ результатѣ получаются тѣла такого вида, какъ то, которое у насъ изображено на фиг. 1 (стр. 487).

При достаточномъ увеличеніи этихъ новыхъ граней, у насъ получится ромбическій додекаедръ (см. фиг. 7, стр. 485), то есть кристаллъ о двѣнадцати поверхностяхъ, свое названіе онъ получилъ потому, что его грани представляютъ равные между собой ромбы; его ребра параллельны другъ другу.

У природы есть еще другой путь созданія новыхъ кристаллическихъ формъ: она можетъ увеличить величины граней кристалла (черезъ одну), продолжить ихъ до тѣхъ поръ, пока эти увеличивающіяся грани другъ съ другомъ не встрѣтятся. Явленіе

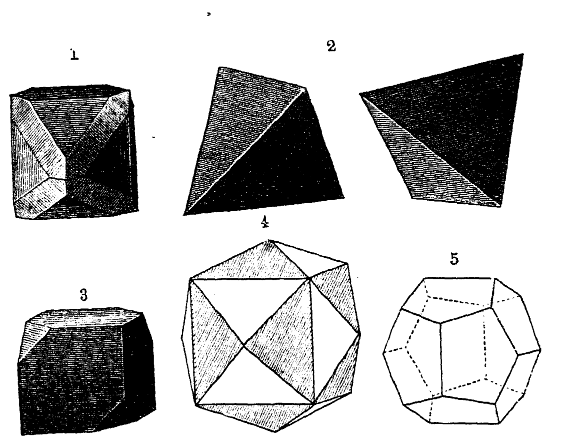


Кристаллы свинцоваго блеска. См. текстъ рядомъ.

это носитъ названіе **гемiедріи**. Если взять октаедръ и продолжить 4 его грани, не имѣющія общихъ реберъ, то получится треугольная пирамида, въ которой, если считать и ея основаніе, всѣхъ граней будетъ четыре, иначе **тетраедръ** (см. фиг. 8, стр. 435); грани его всѣ другъ другу равны, а оси удовлетворяютъ указаннымъ выше условіямъ. Если продолжить другія четыре грани октаедра, то получится точно такое же тѣло, только въ пространствѣ оно будетъ иначе расположено (см. фиг. 2, рис. ниже). При наложеніи, оба тѣла совпадаютъ, такъ что во всякомъ случаѣ геометрическое соотношеніе ихъ не будетъ отношеніемъ предмета къ его зеркальному изображенію.

Въ комбинаціи тетраедра съ кубомъ, въ кубѣ окажется только четыре срѣзанныхъ угла; четыре другихъ угла останутся безъ измѣненія (см. фиг. 3, рис. ниже). Хотя само это тѣло уже никакъ нельзя причислить къ тѣламъ правильнымъ, оси его по прежнему равны другъ другу и пересѣкаются подъ прямыми углами.

Если, наконецъ, путемъ гемiедріи образовать изъ пирамидальнаго куба съ 24 гранями тѣло съ двѣнадцатью гранями, то у насъ получится **пентагональный додекаедръ**, всѣ 12 граней котораго будутъ равными пятиугольниками (см. фиг. 4 и 5 рис. рядомъ).



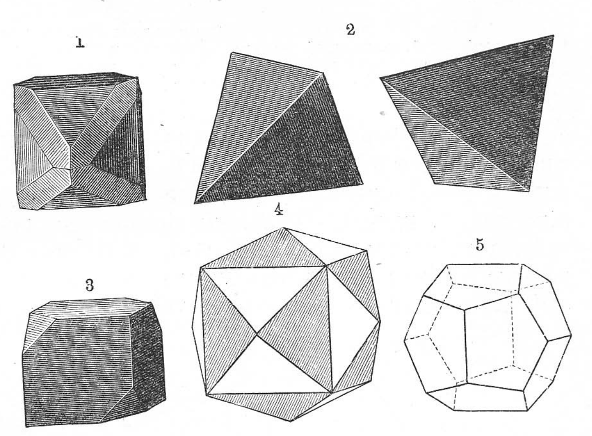
Переходъ кристалловъ правильной системы изъ одной формы въ другую. 1. Октаедръ съ срѣзанными углами. 2. Симметричные тетраедры. 3. Соединеніе куба съ тетраедромъ. 4. Превращеніе пирамидальнаго куба въ пентагональный додекаедръ (путемъ возникновенія заштрихованныхъ на чертежѣ граней). 5. Пентагональный додекаедръ. См. текстъ, стр. 486.

Всѣ тѣла, удовлетворяющія условію равенства и взаимной перпендикулярности всѣхъ трехъ осей, входятъ въ первую группу кристалловъ; это кристаллы **системы правильной**. Кристаллы этой системы, несмотря на все видимое различіе ихъ внѣшнихъ формъ, благодаря простотѣ взаимоотношеній осей, обладаютъ по физическимъ свойствамъ большимъ сходствомъ.

Иной характеръ имѣетъ симметрія тѣхъ кристалловъ, у которыхъ всѣ три оси по прежнему взаимно перпендикулярны, но изъ этихъ осей равны другъ другу только двѣ, третья же либо короче ихъ, либо длиннѣе. Эта система носитъ названіе **квадратной**, или **тетрагональной**, что объясняется тѣмъ, что двѣ равныхъ оси можно разсматривать, какъ діагонали квадрата. Третья же, неравная ось, является главной осью; она перпендикулярна къ плоскости первыхъ двухъ (см. фиг. 1, стр. 488 вверху).

Первымъ членомъ этой системы будетъ опять октаедръ, который по направленію главной оси нѣсколько вытянутъ или приплюснутъ; въ отличіе отъ правильнаго октаедра онъ называется **квадратъ-октаедромъ**, или тетрагональной бипирамидой. Отношеніе длины главной неравной оси къ длинѣ одной изъ двухъ остальныхъ, какъ и во всѣхъ другихъ системахъ кристалловъ съ неравными осями, не только не должно выражаться какимъ-нибудь небольшимъ числомъ, но можетъ быть даже дробью; тѣмъ не менѣе, для одного и того же вещества это отношеніе выражается всегда однимъ и тѣмъ же числомъ. Такъ, напримѣръ, въ кристаллахъ красной кровяной соли, принадлежащихъ къ этому классу, отношеніе главной оси къ двумъ другимъ побочнымъ равнымъ осямъ выражается числомъ 1,77 (см. фиг. 3, стр. 488, вверху).

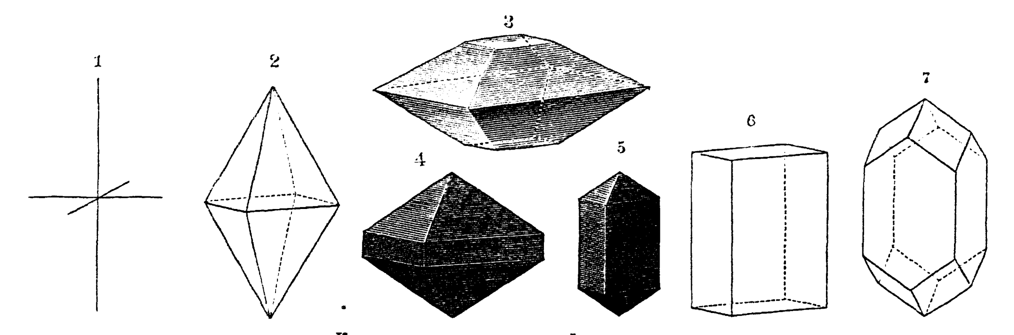
Теперь начнемъ измѣнять эту основную форму тетрагональной системы, оставляя въ то же время неизмѣннымъ отношеніе ея осей, совершенно такъ, какъ мы измѣняли формы кристалловъ системы правильной: можно, напримѣръ, для начала отсѣчь концы четырехъ реберъ, образующихъ лежащій въ основѣ пирамидъ квадратъ; при этомъ получится въ зависимости отъ того, насколько мы ихъ усѣ-



Переходъ кристалловъ правильной системы изъ одной формы въ другую. 1. Октаедръ съ срѣзанными углами. 2. Симметричные тетраедры. 3. Соединеніе куба съ тетраедромъ. 4. Превращеніе пирамидальнаго куба въ пентагональный додекаедръ (путемъ возникновенія заштрихованныхъ на чертежѣ граней). 5. Пентагональный додекаедръ. См. текстъ, стр. 486.

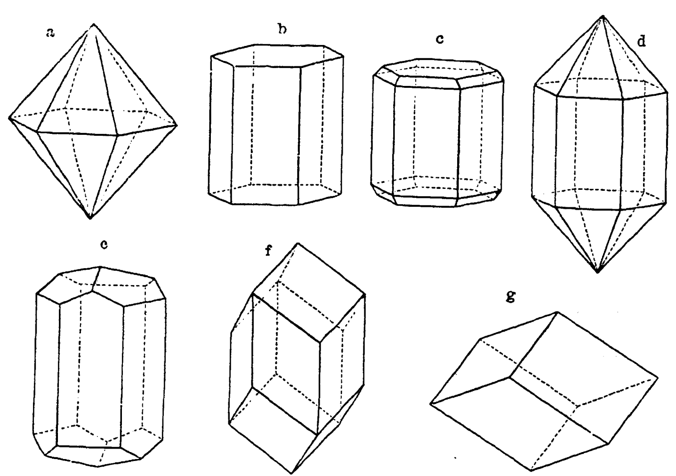
чемъ, или тѣло формы, изображенной на фиг. 4, или же тѣло другого вида (фиг. 5, ниже).

Послѣднюю форму принимаетъ кристаллизующійся мышьяковокислый кали. Въ концѣ концовъ, обѣ пирамиды совершенно исчезаютъ и получается тѣло ана-



Кристаллы квадратной системы.
1. Положеніе осей квадратной системы. 2. Бипирамида квадратной системы. 3. Кристаллъ кровяной соли въ видѣ бипирамиды съ срѣзанными углами. 4—5. Образованіе квадратной призмы изъ бипирамиды квадратной системы 6. Призма квадратной системы. 7. Комбинація призмы квадратной системы съ пирамидой. См. текстъ, стр. 487.

логичное по формѣ кубу правильной системы, а именно правильная призма съ квадратнымъ основаніемъ (см. фиг. 6, выше). Если срѣзать всѣ восемь угловъ такой призмы, то получится комбинированная форма призмы съ пирамидой (см. фиг. 7, выше). Тѣло, изображенное на фиг. 3 (въ такой формѣ кристаллизуются растворы кровяной соли), получится, если срѣзать верхній и нижній углы нашего октаедра съ квадратнымъ основаніемъ. Можно было бы привести еще цѣлый рядъ другихъ геометрическихъ комбинацій, подобныхъ этимъ; всѣ онѣ встрѣчаются въ природѣ и всѣ удовлетворяютъ основному требованію этой системы.

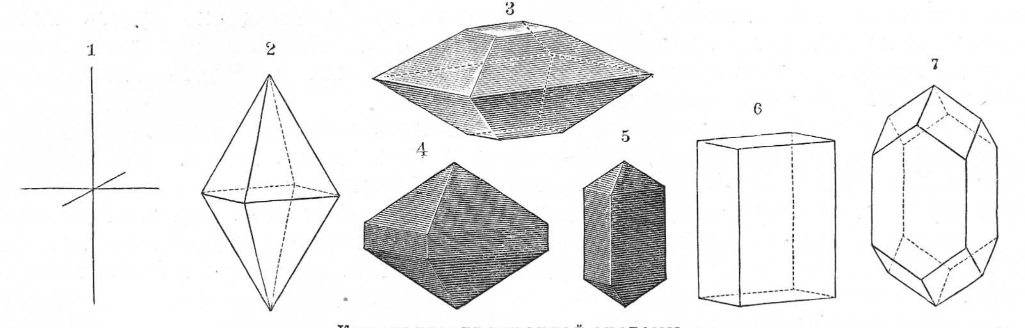


Гексагональная система.
a пирамида; b призма; c d комбинація изъ призмы и пирамиды; e f призма и ромбоедръ; g ромбоедръ. См. текстъ, рядомъ.

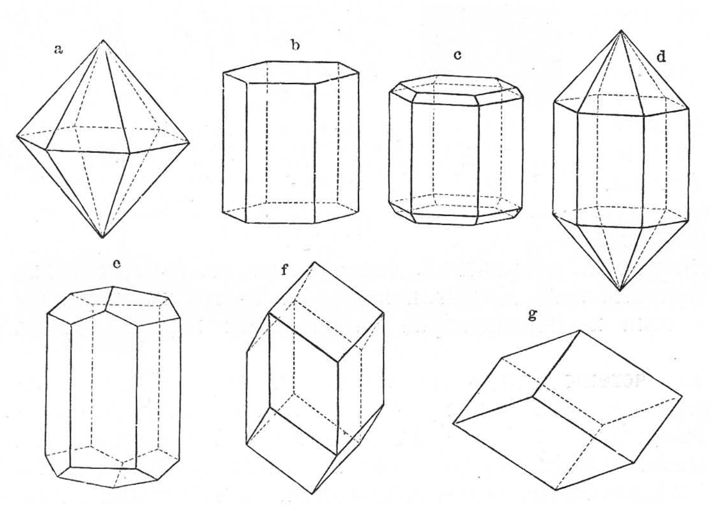
Третья система предполагаетъ существованіе четырехъ осей; три изъ нихъ равны, лежатъ въ одной и той же плоскости и образуютъ другъ съ другомъ равные углы (то есть углы въ 120^0), четвертая же ось, главная ось, перпендикулярна къ плоскости первыхъ трехъ и отличается отъ нихъ по длинѣ. Концы трехъ равныхъ осей образуютъ правильный шестиугольникъ; въ силу этого и сама система получила названіе гексагональной.

Основныя формы этой системы (нѣкоторыя) изображены у насъ на черт., помѣщенномъ рядомъ на фигурахъ *a—f*; ихъ можно получить точно такимъ же путемъ, какой мы указывали при разборѣ формъ двухъ предшествовавшихъ системъ. У насъ получаются шестигранныя тѣла, призмы и т. п. Горный хрусталь и кварцъ (см. рисунокъ на стр. 489), равно какъ и кристаллы топаза, смарагда, сафира и хризоберилла, изображенные у насъ на прилож. „Драгоцѣнные камни“ (стр. 418), принадлежатъ къ гексагональной системѣ.

Путемъ геміедріи мы можемъ и здѣсь, подобно тому какъ раньше, получать,



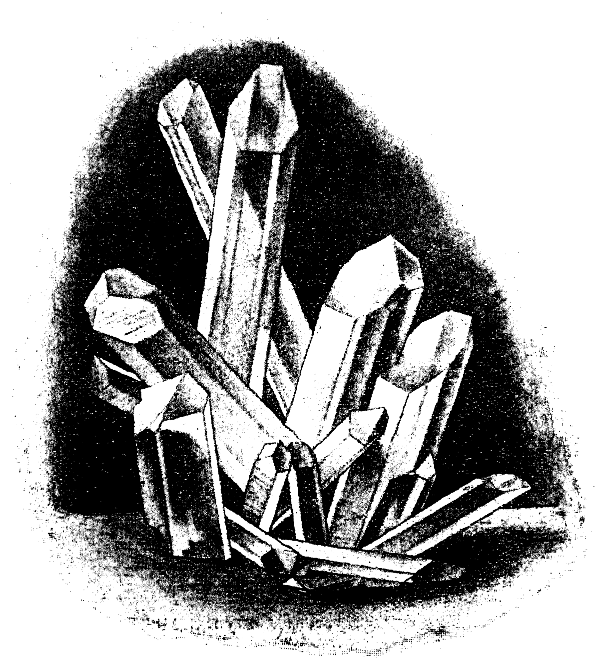
Кристаллы квадратной системы.
1. Положеніе осей квадратной системы. 2. Бипирамида квадратной системы. 3. Кристаллъ кровяной соли въ видѣ бипирамиды съ срѣзанными углами. 4—5. Образованіе квадратной призмы изъ бипирамиды квадратной системы 6. Призма крадратной системы. 7. Комбинація призмы квадратной системы съ пирамидой. См. текстъ, стр. 487.



Гексагональная система.
a пирамида; b призма; c d комбинація изъ призмы и пирамиды; e f призма и ромбоедръ; g ромбоедръ. См. текстъ, рядомъ.

повидимому, весьма отличныя другъ отъ друга формы. Продолжимъ, положимъ, грани черезъ одну въ двойной шестигранной пирамидѣ; у насъ получится вмѣсто тѣла съ двѣнадцатью гранями тѣло о шести граняхъ, ромбоедръ (см. фиг. g, стр. 488); ромбоедръ имѣетъ очень мало сходства съ исходной формой, но отношеніе осей какъ въ томъ, такъ и въ другой, одно и то же, а потому онѣ обладаютъ чрезвычайно сходными физическими свойствами. Извѣстный намъ по своей двупреломляющей способности известковый шпатъ принадлежитъ къ кристалламъ именно этой формы.

Въ кристаллахъ четвертой системы, ромбической, снова только три оси: всѣ три взаимно перпендикулярны, но въ отличіе отъ первыхъ двухъ системъ здѣсь всѣ онѣ неодинаковой длины (см. фиг. 2, стр. 490). Двойная пирамида въ этой системѣ имѣетъ въ силу этого, въ основаніи ромбъ; она, кромѣ того, какъ бы сжата по двумъ осямъ (см. фиг. 1, стр. 490). Въ такомъ видѣ кристаллизуется сѣра. Если принять длинную діагональ ромба, лежащаго въ основаніи этого тѣла за 1, то другая ось (діагональ) въ кристаллахъ сѣры (этой четвертой системы) выразится числомъ 0,8, а главная ось 1,9.



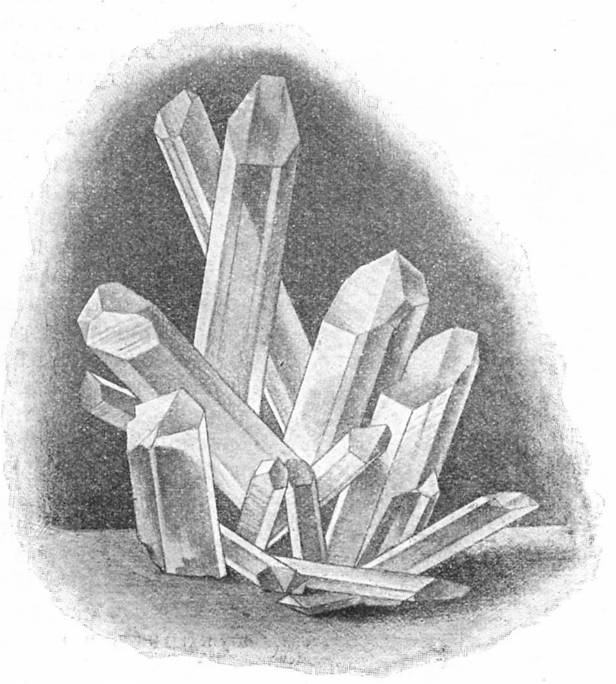
Горный хрусталь. См. текстъ, стр 488.

Пирамида ромбической системы при усѣченіи ея горизонтальныхъ реберъ переходитъ въ свою очередь въ ромбическую призму, въ которой четыре ребра образуютъ другъ съ другомъ косые углы; но верхняя и нижняя грани перпендикулярны къ остальнымъ четыремъ гранямъ (см. фиг. 3, стр. 490). Среди возможныхъ комбинацій этого рода отмѣтимъ полученіе шести угольныхъ столбчатыхъ кристалловъ путемъ усѣченія въ ромбической призматической пирамидѣ двухъ противоположныхъ реберъ; въ противоположность столбчатымъ кристалламъ гексагональной системы эти тѣла могутъ обладать въ плоскости сѣченія такими углами, которые не получаются въ гексагональной системѣ, гдѣ оси пересѣкаютъ другъ друга подъ углами въ 120° (см. фиг. 2, стр. 491).

Къ кристалламъ ромбической системы принадлежитъ многократно упоминавшійся нами турмалинъ, тяжелый шпатъ, арагонитъ и т. д. По большей части такіе кристаллы имѣютъ форму плоскихъ пластинокъ.

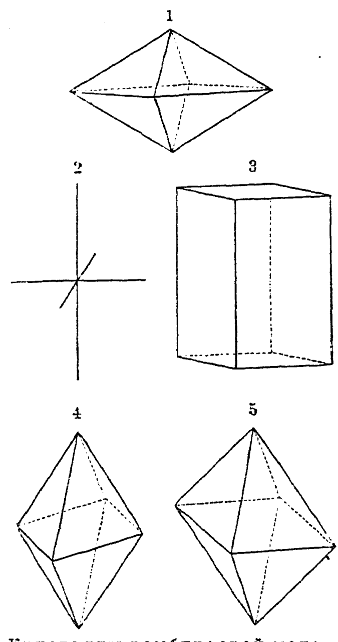
Особый интересъ представляютъ въ данномъ случаѣ гемiедрическiя формы: въ зависимости отъ того, беремъ ли мы тѣ или другія пары граней, у насъ получаются изъ двойной ромбической пирамиды два различныхъ тетраедра, которые уже не совпадаютъ при наложеніи, какъ тетраедры въ предыдущихъ системахъ, несмотря на то, что у нихъ соотвѣтственно равны всѣ углы и всѣ грани: одинъ изъ тетраедровъ въ этомъ случаѣ представляетъ собой какъ бы зеркальное изображеніе другого; то, что въ одномъ имѣется справа, то въ другомъ находится слѣва (см. фиг. 1, стр. 491). Мы уже видѣли на примѣрѣ съ винной кислотой, стр. 462), что эти удивительныя парныя образованія представляютъ для насъ совершенно особый интересъ.

Пятая кристаллическая система называется моноклинической (одно-



Горный хрусталь. См. текстъ. стр 488.

клиномѣрной). Всѣ три оси разной длины, и, кромѣ того, нѣтъ оси перпендикулярной къ плоскости двухъ другихъ осей, такъ что двойная пирамида (фиг. 4, рис. ниже) имѣетъ въ этой системѣ показанную у насъ на рисункѣ форму.



Кристаллы ромбической, моноклинической (одноклиномѣрной) и триклинической (трехклиномѣрной) системъ. 1. Пирамида ромбической системы. 2. Расположеніе осей въ кристаллахъ ромбической системы. 3. Призма ромбической системы. 4. Бипирамида одноклиномѣрной системы. 5 Бипирамида трехклиномѣрной системы. См. текстъ, стр. 491.

Изъ этихъ пирамидъ, какъ и въ другихъ системахъ, можно также образовать разнаго рода тѣла. Призма моноклинической системы отличается отъ призмы ромбической только наклоннымъ положеніемъ ея средней линіи по отношенію къ основанію (см. фиг. 3, черт. на стр. 491).

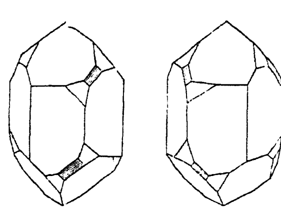
Гипсъ, кристализуется въ формахъ этой системы; далѣе затѣмъ къ моноклинической системѣ относятся кристаллы желѣзнаго купороса, глауберовой соли, соды и т. д.

Шестую группу образуютъ, наконецъ, кристаллы трехклиномѣрной системы, имѣющіе оси неравной длины; всѣ три оси этой системы встрѣчаются другъ съ другомъ подъ косыми углами. Но оси эти здѣсь, какъ и въ кристаллахъ другихъ системъ, дѣлятъ другъ друга пополамъ; а потому, несмотря на столь ограниченное проявленіе симметріи, все же и тутъ получаются тѣла правильной формы, въ которыхъ имѣется по двѣ параллельныхъ грани.

Основнымъ тѣломъ этой системы является трехклиническая бипирамида; она отличается отъ другихъ бипирамидъ другихъ системъ, во-первыхъ, тѣмъ, что прямая, соединяющая двѣ ея вершины, не перпендикулярна къ ея основанію, а, во-вторыхъ тѣмъ, что и діагонали ея основанія пересѣкаются не подъ прямыми углами (см. фиг. 5, стр. черт. пом. рядомъ).

Изъ такой пирамиды въ свою очередь можно получить призмы трехклиномѣрной системы (см. фиг. 4, стр. 491), а также другія кристаллическія формы. Къ системѣ этой принадлежатъ мѣдный купоросъ и нѣкоторые полевые шпаты.

На эти шесть основныхъ группъ обыкновенно и разбиваютъ всѣ кристаллическія формы: изъ подчиненныхъ группъ мы могли упомянуть лишь о нѣсколькихъ; само собой разумѣется, что мы вовсе не имѣли возможности останавливаться на всѣхъ тѣхъ прямо таки безчисленныхъ формахъ, какими обладаютъ кристаллическія вещества, встрѣчающіяся въ природѣ. Кристаллы какого-нибудь вещества въ предѣлахъ свойственной имъ основной формы могутъ проявить, путемъ разнаго рода усѣченій, продоженія граней, замѣны граней, геміедріи, образованія двойниковъ и вдавливаній, столько комбинацій, что иногда весьма и весьма затруднительно рѣшить, въ какой собственно системѣ относится такого рода кристаллъ, обладающій сотней и болѣе граней. Рядомъ у насъ изображено два кристалла кварца: легко видѣть, что это кристаллы гексагональной системы, огромное же число граней объясняется разнаго рода усѣченіями угловъ и реберъ и т. д. Тѣмъ не менѣе у каждой грани, у каждаго угла и ребра есть соотвѣтственная симметричная ей грань, соотвѣтственный уголъ, соотвѣтственное симметричное ребро. Оба изображенные рядомъ кристалла, несмотря на всю сложность ихъ формы, другъ другу равны; одинъ изъ нихъ представляетъ собой какъ бы зеркальное изображеніе другого. Можно сказать, что нѣтъ такого тѣла съ плоскими симметрично другъ относительно друга расположенными гранями, котораго нельзя было бы встрѣтить въ природѣ въ видѣ той или другой кристаллической формы.

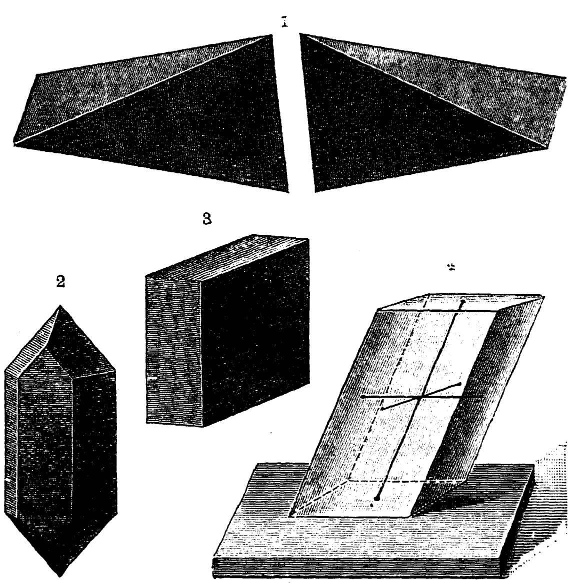


Кристаллы кварца. См. текстъ рядомъ.

Итакъ, мы видимъ, что переходъ матеріи изъ жидкаго состоянія въ твердое, при всемъ разнообразіи получающихся формъ строго слѣдуетъ указанному нами математическому закону. Отсюда вытекаетъ, что въ мірѣ молекулъ, соединяющихся въ неизмѣнныя твердыя системы, такого рода соединенія подчинены извѣстнымъ закономѣрностямъ; надо думать, что наступитъ время, когда эти законы будутъ выведены изъ наружныхъ, видимыхъ глазу формъ путемъ чисто математическимъ, и тогда въ этой области будетъ выполнено то, что уже сдѣлано въ астрономіи, гдѣ, исходя изъ эпициклическихъ движеній птоломеевой и коперниковой планетныхъ системъ, вывели законы движенія планетъ и доказали необходимость внутренней зависимости всего этого множества движеній отъ нѣкотораго единственнаго основного закона,—закона тяготѣнія. Что же касается связи, существующей, насколько это удалось установить, между формой кристалла и его физическими и химическими свойствами, то мы будемъ говорить о ней потомъ.

5. Атомный вѣсъ и строеніе молекулъ.

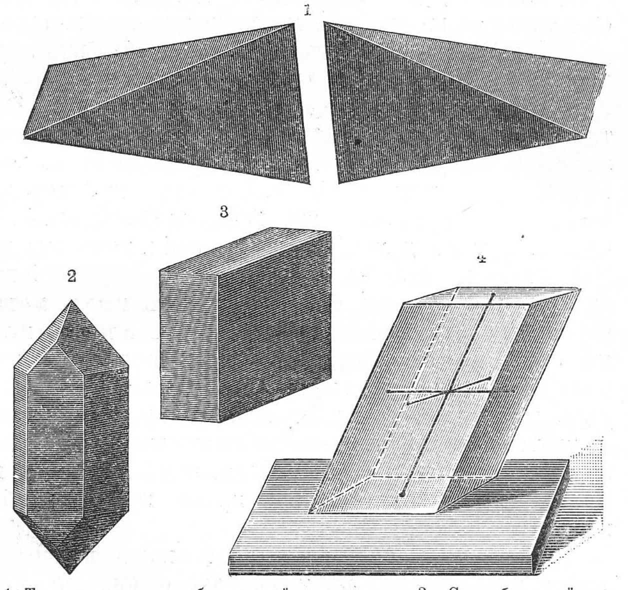
Въ поискахъ за законами, управляющими химическими явленіями, мы прежде всего не измѣнно встрѣчаемъ во всѣхъ химическихъ соединеніяхъ правильность въ содержаніи ихъ составныхъ частей. Эта закономѣрность носитъ названіе закона кратныхъ отношеній; такая кратность отношеній замѣчается при соединеніи мельчайшихъ частицъ веществъ, образующихъ другъ съ другомъ прочныя соединенія; она является отличительнымъ признакомъ химическихъ соединеній: въ простыхъ механическихъ смѣсяхъ смѣшиваемыя вещества могутъ входить въ какомъ угодно отношеніи другъ къ другу. Въ виду этого намъ пришлось познакомиться съ этимъ закономъ съ самаго начала; только съ помощью его можно дать характеристику химическихъ соединеній и внести ясность въ ихъ классификацію. Теперь мы должны познакомиться съ закономъ кратныхъ отношеній ближе, такъ какъ этого рода правильность въ молекулярномъ строеніи вещества, очевидно, вытекаетъ изъ общихъ физическихъ законовъ матеріи, а къ выясненію ихъ мы и стремимся.



1. Тетраедръ ромбической системы. 2. Столбчатый шестиугольный кристаллъ ромбической системы. 3. Призма одноклиномѣрной системы. 4. Призма трехклиномѣрной системы. См. текстъ, стр. 490.

Прежде всего постараемся выяснить, какимъ образомъ узнали, что два атома водорода въ соединеніи съ однимъ атомомъ кислорода всегда даютъ воду (мы беремъ это соединеніе для примѣра), а затѣмъ надо будетъ посмотрѣть, насколько точно это сопоставленіе.

Оно основывается на слѣдующихъ данныхъ. Если разложить при помощи электрическаго тока на составныя части 18 гр. воды, то выдѣлившійся кислородъ будетъ вѣсить 16 грам., а выдѣлившійся водородъ 2 грам., что вмѣстѣ составляетъ опять тѣ же 18 гр., какъ того требуетъ наиболѣе важный изъ законовъ, законъ вѣчности вещества. Но объемъ кислорода равенъ половинѣ объема, занимаемаго водородомъ; отсюда мы заключаемъ, что кислородъ въ 16 разъ тяжелѣе водорода, то есть, что удѣльный вѣсъ кислорода, если принять удѣльный вѣсъ водорода за 1, долженъ быть равенъ 16. До сихъ поръ мы говорили о вещахъ, не вызывающихъ



1. Тетраедръ ромбической системы. 2. Столбчатый шестиугольный кристаллъ ромбической системы. 3. Призма одноклиномѣрной системы. 4. Призма трехклиномѣрной системы. См. текстъ, стр. 490.

никакихъ сомнѣній. Но мы уже знаемъ, что именно это число 16 представляетъ собой атомный вѣсъ кислорода, то есть показываетъ, что чрезвычайно малая, неизмѣримая, но все же не безконечно малая частица кислорода, способная вступать во взаимодѣйствія съ другими частями вещества, вѣситъ въ 16 разъ больше, чѣмъ точно такая же частица водорода.

Ясно, что тутъ мы говоримъ о чемъ-то совершенно отличномъ отъ понятія удѣльнаго вѣса. Если бы мы имѣли здѣсь въ виду только удѣльный вѣсъ того или другого вещества, то о предѣлѣ дѣлимости ихъ не могло быть и рѣчи. Конечно, и при допущеніи атомовъ, возможны разнаго рода комбинаціи смѣшиваемыхъ веществъ: каждый атомъ какого-нибудь вещества можетъ вступить въ соединеніе съ любымъ числомъ атомовъ другого вещества. Но въ то же время сразу легко предположить, что перевѣсъ будетъ на сторонѣ тѣхъ комбинацій, гдѣ вещества соединяются въ простыхъ кратныхъ отношеніяхъ.

Мы еще не знаемъ тѣхъ законовъ, изъ которыхъ извѣстная намъ правильность въ проявленіяхъ химическаго сродства различныхъ веществъ должна вытекать съ такой же необходимостью, съ какой вытекаютъ изъ закона всемірнаго тяготѣнія движенія планетъ; тѣмъ не менѣе, на основаніи того, что мы знаемъ о другихъ законахъ природы, мы можемъ предположить, что этотъ неизвѣстный намъ законъ химическаго притяженія имѣетъ простое выраженіе и обусловливаетъ простыя взаимотношенія; болѣе же сложныя соотношенія могутъ возникнуть путемъ накопленій, путемъ дальнѣйшаго строенія, какъ это наблюдается въ природѣ повсюду. Мы видимъ, что въ химическихъ соединеніяхъ простой характеръ носятъ отношенія вѣсовъ входящихъ въ нихъ веществъ, а потому представляется вѣроятнымъ и существованіе такихъ атомовъ, которые на самомъ дѣлѣ не безконечно малы, но для насъ имѣютъ значеніе недѣлимыхъ. Къ подобному выводу мы уже пришли при разборѣ физическихъ явленій. Но тамъ рѣчь шла только о молекулахъ, которыя въ отношеніи къ физическимъ явленіямъ являются всегда чѣмъ-то цѣлымъ, химики же разлагаютъ эти молекулы и вновь образуютъ ихъ путемъ соединенія атомовъ, входящихъ въ нихъ веществъ. Итакъ, мы имѣемъ полное право говорить объ атомныхъ вѣсахъ этихъ веществъ.

Тѣмъ не менѣе результаты нашихъ опытовъ (разложеніе воды) вовсе не даютъ увѣренности въ томъ, что отношеніе атомныхъ вѣсовъ O и H дѣйствительно равно 1: 16. Ясно, что прежде надо показать, что въ этомъ соединеніи (вода) съ двумя атомами водорода соединено не какое-нибудь произвольное число кислородныхъ атомовъ, то есть надо показать, что вода, выражаясь языкомъ извѣстныхъ намъ химическихъ формулъ, не должна имѣть вида, скажемъ HO, а непремѣнно должна писаться въ видѣ H_2O. Если положить атомный вѣсъ O не 16, а 8, то, произведя опытъ, мы придемъ къ тѣмъ же результатамъ. 1 гр. водорода и 8 гр. кислорода даютъ 9 грам. воды; это какъ разъ половина того, что было взято въ первомъ случаѣ, но теперь кислородный атомъ въ два раза меньше, чѣмъ прежде. Мы видимъ, что такихъ предположеній можно сдѣлать сколько угодно. Только на основаніи всей совокупности относящихся сюда опытовъ можно рѣшить вопросъ о наименьшемъ относительномъ количествѣ вещества, могущемъ вступать въ соединеніе съ другимъ веществомъ; это число, согласно нашему опредѣленію атома, и будетъ атомнымъ вѣсомъ разсматриваемаго вещества. Такъ, напримѣръ, изъ 44 гр. углекислоты можно выдѣлить 32 гр. кислорода, остальная часть, то есть 12 гр., будетъ состоять изъ углерода. Если бы мы ограничились только этими данными, то мы могли бы подумать, что атомный вѣсъ углерода равенъ 12, а атомный вѣсъ кислорода 32, то есть, что O вѣситъ вдвое больше, чѣмъ мы нашли раньше въ примѣрѣ съ водой. Такимъ образомъ формулу углекислоты пришлось бы писать такъ: CO. Но, разлагая воду, мы выдѣляли уже меньшее по вѣсу количество кислорода, а потому написанная нами сейчасъ формула невѣрна; ее надо писать, во всякомъ случаѣ въ формѣ CO_2, что будетъ показывать, что два атома кислорода соединены съ однимъ атомомъ углерода. Въ самомъ дѣлѣ, мы знаемъ, что существуетъ еще другое кислородное

соединеніе углерода, отвѣчающее первой изъ этихъ формулъ, — окись углерода, въ которомъ на 12 вѣсовыхъ частей углерода приходится всегда только 16 вѣсовыхъ частей кислорода.

Сколько бы мы ни изслѣдовали кислородныхъ соединеній, а ихъ очень и очень много, мы всегда будемъ встрѣчать такія отношенія вѣсовъ, въ которыхъ вѣсъ кислорода будетъ представленъ кратнымъ числа 16 мы ни разу не найдемъ для кислорода числа меньшаго 16, а, стало быть, не будетъ, и числа 8. Отсюда мы видимъ, что атомный вѣсъ кислорода равенъ 16, и что въ кислородномъ соединеніи водорода, — водѣ, содержится два атома водорода. Другія изслѣдованія показываютъ, что водородъ во многихъ соединеніяхъ входитъ въ количествѣ вдвое меньшемъ, нежели въ водѣ. Такъ, напримѣръ, его отношеніе къ тому же самому кислороду въ перекиси водорода равно 1: 16. Мы могли бы написать поэтому формулу перекиси водорода въ формѣ HO, но другія данныя (это вытекаетъ именно изъ ученія о паяхъ, отчасти намъ уже знакомаго) показываютъ, что въ этомъ соединеніи, вѣроятно, соединены въ молекулу по два атома каждаго элемента; такимъ образомъ формула представится такъ: H_2O_2; эта формула, какъ мы видимъ, никакихъ измѣненій въ вѣсовыхъ отношеніяхъ обѣихъ составныхъ частей, по сравненію съ первой (HO) не предполагаетъ.

Ученіе о вѣсовыхъ отношеніяхъ, имѣющее важное практическое значеніе, въ виду того, что оно позволяетъ опредѣлить количество вещества, необходимое для образованія того или другого соединенія, носитъ названіе стехіометріи. Стехіометрическіе методы позволяютъ предвычислить по извѣстнымъ атомнымъ вѣсамъ веществъ, образующихъ соединеніе, какія количества ихъ можно получить изъ того или другого соединенія. Опредѣлимъ, напримѣръ, сколько получится желѣза изъ такъ называемаго желѣзнаго, или сѣрнаго колчедана, формула котораго FeS_2, если удалить содержащуюся въ немъ сѣру. Если взято 120 гр. сѣрнаго колчедана, то искомый вѣсъ желѣза будетъ равенъ $120 - 2 \times 32 = 56$ гр. (32 — атомный вѣсъ сѣры). Если будутъ даны другія количества сѣрнаго колчедана, то количество содержащагося въ нихъ желѣза можно будетъ вычислить при помощи соотвѣтственно составленныхъ пропорцій. Если взять 200 грам. сѣрнаго колчедана, то отношеніе этого количества къ 120, вѣсу молекулы нашего соединенія ($2 \times 32 + 56$), равно 5 : 3. Въ томъ же отношеніи находится количество содержащейся въ этомъ колчеданѣ сѣры къ ея удвоенному атомному вѣсу. Отнявъ отъ общаго вѣса соединенія полученный такимъ путемъ вѣсъ сѣры, мы будемъ имѣть количество содержащагося въ немъ желѣза: а именно $200 - {}^5/_3 \times 64 = 93{,}33$ гр. Если мы пожелали бы по этимъ даннымъ опредѣлить атомный вѣсъ желѣза, надо было бы 93,33 гр. помножить на обратное отношеніе, на $^3/_5$, и у насъ получилось бы опять 56.

Въ самой тѣсной связи съ атомными и молекулярными вѣсами веществъ находятся ихъ физическія свойства; наша ближайшая задача и состоитъ въ томъ, чтобы изслѣдовать подробнѣе этого рода соотношенія. Но прежде еще мы разсмотримъ тѣ особенности, какія бросаются въ глаза при простомъ сличеніи самихъ атомныхъ вѣсовъ элементовъ.

Въ 1808 году Дальтонъ составилъ первую таблицу атомныхъ вѣсовъ; въ 1811 году Авогадро болѣе точно опредѣлилъ понятіе молекулярнаго вѣса и установилъ названный по его имени законъ, который гласитъ, что наименьшее количество элемента (по сличеніи всѣхъ его соединеній), входящее въ составъ молекулы представляетъ собой его атомный вѣсъ. На этомъ законѣ и на тѣхъ термодинамическихъ представленіяхъ, основы которыхъ мы изложили уже раньше, построена вся современная теоретическая химія.

На стр. 409 у насъ приведенъ списокъ атомныхъ вѣсовъ, исправленныхъ сообразно новѣйшимъ работамъ. Если-бъ у насъ были даны атомные вѣса въ томъ видѣ, въ какомъ они были извѣстны нѣсколько времени тому назадъ, то всѣ особенности этихъ относительныхъ вѣсовыхъ количествъ, выражающихся

почти въ однихъ цѣлыхъ числахъ, выступили бы еще ярче: атомные вѣса по этимъ старымъ опредѣленіямъ выражаются почти исключительно въ цѣлыхъ числахъ. Мы во всѣхъ своихъ дальнѣйшихъ соображеніяхъ будемъ руководствоваться главнымъ образомъ атомными вѣсами въ такихъ круглыхъ числахъ. Тѣ измѣненія атомныхъ вѣсовъ, которыя были признаны теперь необходимыми, ясно показываютъ характеръ этихъ поправокъ; цѣлыя числа, выражавшія атомные вѣса, пришлось измѣнить въ силу какихъ-то до сихъ поръ еще неизвѣстныхъ намъ основаній. Въ большинствѣ случаевъ разбираемыя нами дальше соотношенія въ области химическихъ превращеній не укладываются въ тѣ точныя числовыя формы, къ какимъ мы привыкли въ выраженіяхъ законовъ явленій физическихъ и астрономическихъ. Если бы мы отказались отъ нѣкоторыхъ поправокъ въ такого рода числахъ, напримѣръ, при опредѣленіи преломленія свѣтовыхъ лучей въ воздухѣ, то законы движенія въ значительной степени потеряли бы свою теперешнюю простоту. Но наше знаніе химіи находится еще въ той начальной стадіи развитія, при которой незнаніе подобныхъ поправочныхъ членовъ является дѣломъ совершенно понятнымъ.

Если предположить, что атомные вѣса элементовъ, выраженные при помощи атомнаго вѣса водорода, принимаемаго за единицу, были бы только цѣлыми числами, то можно было бы думать, что между этими элементами существуетъ внутренняя связь и что они образованы на подобіе ихъ соединеній, которыя состоятъ изъ кратныхъ ихъ атомныхъ вѣсовъ. Другими словами, элементы являлись бы въ свою очередь сами соединеніями нѣкоторыхъ другихъ первичныхъ элементовъ; намъ оставалось бы только думать, что мы не умѣемъ выдѣлить этихъ элементовъ. На самомъ же дѣлѣ по мѣрѣ усовершенствованія пріемовъ химическаго анализа, число извѣстныхъ до того времени соединеній все уменьшалось, но зато, съ другой стороны, мы узнавали новыя соединенія, образованныя изъ извѣстныхъ уже намъ веществъ, а также открывали и новые элементы. Такъ съ 1807 по 1808 г. были открыты Деви калій, натрій, кальцій, барій, стронцій и магній; алюминій былъ открытъ Вёлеромъ лишь въ 1827 г.; до того времени знали только земли этихъ легкихъ металловъ; ихъ то и принимали за элементы.

Для того, чтобы выяснить себѣ ходъ мысли, связанный съ этой гипотезой, предположимъ, разумѣется, не утверждая, что такъ это и есть на самомъ дѣлѣ, что такимъ первичнымъ элементомъ является, напримѣръ, самъ водородъ. Тогда прочное, особенно устойчивое соединеніе четырехъ его атомовъ должно было бы дать атомъ гелія; его атомный вѣсъ равенъ 4. 7 такихъ первичныхъ атомовъ образовывали бы литій, 12—углеродъ, 14—азотъ, 16—кислородъ и т. д. Мы уже не разъ видѣли, что достаточно одной неодинаковости въ группировкахъ однихъ и тѣхъ же атомовъ, и тѣла съ такими различными группировками атомовъ будутъ обладать далеко неодинаковыми свойствами; лучшимъ примѣромъ этого рода могутъ служить аллотропическія видоизмѣненія; напримѣръ, кислородъ въ томъ видѣ, когда молекулы его состоятъ изъ двухъ атомовъ, характеризуется обычными своими свойствами, при наличности же трехатомныхъ молекулъ онъ является въ формѣ озона и обладаетъ совершенно иными свойствами: если-бъ онъ не разлагался, превращаясь при этомъ въ обыкновенный кислородъ, его навѣрное считали бы за особый элементъ. Итакъ, при этомъ предположеніи мы имѣли бы только одинъ единственный элементъ, первичный элементъ; это и были бы тѣ первичные атомы, которые играли такую роль во всѣхъ нашихъ соображеніяхъ; все разнообразіе явленій природы было обязано своимъ возникновеніемъ однимъ только движеніямъ и группировкамъ этихъ атомовъ.

Въ виду всего этого, особую важность пріобрѣтаетъ раскрытіе извѣстной закономѣрности въ атомныхъ вѣсахъ элементовъ. Съ этой цѣлью мы располагаемъ элементы въ рядъ по восходящимъ значеніямъ атомныхъ вѣсовъ и затѣмъ распредѣляемъ ихъ въ группы, согласно Менделѣеву и Лотару Мейеру.

Періодическая система химическихъ элементовъ.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
H 1							He 4	
							16	
Li 7	Be 9	B 11	C 12	N 14	O 16	F 17	Ne 20	
16	15	16	16	17	16	16	20	
Na 23	Mg 24	Al 27	Si 28	P 31	S 32	Cl 35	A 40	
16	16	17	20	20	20	20	(20)	
K 39	Ca 40	Sc 44	Ti 48	V 51	Cr 52	Mn 55	? (60)	Fe 56, Co 59, Ni 59
24	15	26	24	24	27	25	(22)	
Cu 63	Zn 65	Ga 70	Ge 72	As 75	Se 79	Br 80	Kr 82	
23	23	19	19	19	17		(22)	
Rb 86	Sr 88	Y 89	Zr 91	Nb 94	Mo 96	?	?(104)	Ru 102, Rh 103, Pd 106
22	24	25	27	26	31		(24)	
Ag 108	Cd 112	In 114	Sn 118	Sb 120	Te 127	J 127	X 128	
25	25	24	22	24	23	29		
Cs 133	Ba 137	La 138	Ce 140	Nd 144	Sm 180	Gd 156		
33	34	35		39	34			
Er 166	Dp 171	Yt 173		Ta 183	W 184			Os 191, Jr 193, Pt 195
31	29	31		25				
Au 197	Hg 200	Tl 204	Pb 207	Bi 208	—	—		
			25					
—	—	—	Th 232	—	U 240	—		

Таблица эта состоитъ изъ восьми почти полныхъ горизонтальныхъ рядовъ и еще девятаго неполнаго; въ каждомъ ряду, за немногими исключеніями, содержится въ свою очередь по восьми элементовъ, если считать группы Fe, Co, Ni, потомъ Ru, Rh, Pd и, наконецъ, Os, Ir, Pt каждую за одинъ элементъ, въ виду того, что они очень похожи другъ на друга и имѣютъ почти одинъ и тотъ же атомный вѣсъ; такимъ образомъ можно принимать, Fe, Co, Ni за одинъ и тотъ же элементъ, за различныя его видоизмѣненія или же за соединеніе его съ нѣкоторымъ неизвѣстнымъ веществомъ, чѣмъ и объясняется его проявленіе въ этихъ трехъ неодинаковыхъ видахъ. Въ силу этого мы отвели для нихъ особый вертикальный рядъ. Элементы, находящіеся въ одномъ и томъ же горизонтальномъ ряду, очень мало отличаются другъ отъ друга по своимъ атомнымъ вѣсамъ, но химическія свойства ихъ весьма и весьма неодинаковы. Зато элементы, стоящіе въ рядахъ вертикальныхъ, обладаютъ, какъ оказывается, сходными химическими свойствами. Такъ, напримѣръ, въ первомъ вертикальномъ ряду находятся литій, натрій, калій, далѣе мѣдь, серебро, золото; во второмъ ряду находятся бериллій, магній, кальцій, въ третьемъ — металлы группы алюминія, въ четвертомъ ниже углерода, — мы видимъ кремній, свинецъ и нѣсколько элементовъ, входящихъ въ его группу; въ пятомъ имѣются: азотъ, фосфоръ, мышьякъ, сурьма; въ шестомъ — кислородъ, сѣра, селенъ; въ седьмомъ — фторъ, хлоръ, бромъ и іодъ, и, наконецъ, въ восьмомъ — гелій, неонъ, аргонъ, криптонъ, ксенонъ, стало быть, всѣ новые, недавно открытые въ воздухѣ элементы. Вмѣстѣ съ атомными вѣсами подъ ними у насъ въ таблицѣ помѣщены разности атомныхъ вѣсовъ даннаго и ближайшаго къ нему стоящаго въ томъ же вертикальномъ ряду элемента; мы видимъ, что эти разности другъ къ другу очень близки и увеличиваются по направленію внизъ вмѣстѣ съ возрастающими атомными элементами. Химическія свойства простыхъ тѣлъ представляютъ періодическую функцію отъ величины ихъ атомныхъ вѣсовъ, въ соотвѣтствіи съ періодическимъ измѣненіемъ ихъ силы. Если 16 такихъ единицъ атомовъ прибавляется къ натрію, то у насъ получается нѣсколько менѣе дѣятельный элементъ — калій; точно также путемъ прибавленія 16 единицъ мы переходимъ отъ

магнія къ кальцію; то же число первичныхъ атомовъ необходимо для перехода отъ углерода къ кремнію, отъ кислорода къ сѣрѣ и отъ фтора къ хлору. Далѣе затѣмъ мы видимъ разности: 20 и 24; мы можемъ не принимать въ разсчетъ отклоненій отъ этихъ разностей въ ту или другую сторону на единицу въ виду того, что эта величина лежитъ въ предѣлахъ ошибокъ опредѣленія самихъ атомныхъ вѣсовъ. Этотъ законъ настолько очевиденъ, что на основаніи его можно было указать атомные вѣса и различныя свойства тѣхъ элементовъ, которые въ свое время еще даже не были найдены, и опытъ вездѣ оправдывалъ эти предположенія. Въ ряду новыхъ недѣятельныхъ газовъ, найденныхъ въ воздухѣ, мы также оставили два пробѣла, соотвѣтствующіе элементамъ съ атомными вѣсами 20 и 104. Такимъ образомъ соотношенія существуютъ не только между соединеніями элементовъ, но и между атомными вѣсами самихъ элементовъ. Такъ, напримѣръ, вѣса молекулъ окиси углерода и угольной кислоты отличаются другъ отъ друга на 16 единицъ, то есть на величину атомнаго вѣса кислорода.

Та же разница наблюдается при сопоставленіи молекулъ воды и перекиси водорода, сѣрнистой кислоты и сѣрной, и, вообще говоря, при сравненіи молекулярныхъ вѣсовъ закисей и окисей. Этотъ параллелизмъ выступаетъ настолько отчетливо, что вполнѣ оправдываетъ наше предположеніе о томъ, что элементы представляютъ собой только исключительно устойчивыя соединенія.

Большій интересъ представляетъ другая зависимость, недавно (1897) открытая Рудбергомъ. Согласно ей, если внести только незначительныя, вполнѣ оправдываемыя поправки въ величины атомныхъ вѣсовъ, атомные вѣса возрастаютъ равномѣрно отъ элемента къ элементу на единицу; недочеты сказываются только по отношенію къ большимъ атомнымъ вѣсамъ, но и тамъ, надо думать, пробѣлы эти отчасти будутъ заполнены новыми еще не открытыми элементами. Вотъ какой видъ имѣетъ эта зависимость: водородъ имѣетъ атомный вѣсъ 1; за нимъ идетъ гелій съ атомныхъ вѣсомъ 2×2, литій — $(2 \times 3) + 1$; бериллій $(2 \times 5) + 1$, боръ имѣетъ $(2 \times 5) + 1$, у углерода 2×6; азотъ характеризуется 2×7, кислородъ 2×8, фторъ $(2 \times 9) + 1$, неонъ 2×10, натрій $(2 \times 11) + 1$, магній 2×12 и т. д.

Кромѣ того, оказывается, что тѣ элементы, атомные вѣса которыхъ выражаются четными числами, то есть безъ прибавочной единицы характеризуются и четной атомностью, то есть они двуатомны, или четырехатомны; таковы углеродъ, кислородъ, магній; элементы же, имѣющіе нечетные атомные вѣса, то есть такіе, въ выраженіе которыхъ входитъ прибавочная единица, имѣютъ и нечетную значность; они—одноатомны, трехатомны, пятиатомны; таковы: водородъ, натрій, азотъ и фторъ. Мы можемъ легко представить себѣ эту интересную зависимость между атомнымъ вѣсомъ элемента и его значностью слѣдующимъ образомъ.

Если допустить, что элементы образованы дѣйствительно изъ такихъ гипотетическихъ первичныхъ атомовъ, то въ веществѣ, построенномъ изъ небольшого четнаго числа этихъ первичныхъ атомовъ, непремѣнно должны имѣть мѣсто такія условія симметріи, которыя будутъ выражаться четными числами и наоборотъ. Представимъ себѣ, напримѣръ, что первичные атомы имѣютъ шарообразную форму; въ такомъ случаѣ четыре такихъ атома будутъ образовывать непремѣнно тѣло съ четырьмя гранями, своего рода тетраедръ; три атома будутъ, съ своей стороны, образовывать треугольникъ съ тремя возможностями дальнѣйшаго строенія.

Трудность, а, можетъ быть, и совершенная невозможность отдѣленія такихъ первичныхъ атомовъ другъ отъ друга объясняется слѣдующимъ образомъ: можно предположить, что эти атомы дѣйствительно соприкасаются, чего какъ извѣстно, нельзя сказать, объ обыкновенныхъ атомахъ, составляющихъ молекулу, или о самыхъ молекулахъ, потому что эти атомы и эти молекулы, какъ мы видѣли, совершаютъ свои собственныя движенія. Эти комбинаціи

первичныхъ атомовъ образуютъ настоящія стереометрическія тѣла, первичные кристаллы; величина ихъ опредѣляется границами этихъ мельчайшихъ частицъ матеріи, которыя въ среднемъ могутъ считаться шарообразными при томъ или другомъ возможномъ ихъ положеніи. Между этими первичными атомами не можетъ уже проникнуть ни одного другого; удары свободныхъ атомовъ, которые мы принимали за причину всѣхъ явленій, не производятъ въ этихъ группахъ никакихъ внутреннихъ измѣненій, то есть не вызываютъ въ нихъ ни тепловыхъ, ни свѣтовыхъ и никакихъ иныхъ явленій; они могутъ перемѣщать такой комплексъ первичныхъ атомовъ только какъ цѣлое. Такимъ образомъ дѣйствіе этихъ первичныхъ кристалловъ на другія подобныя имъ соединенія будетъ опредѣляться только особенностями ихъ тѣлесной формы.

Мы уже указали, что атомы элементовъ соединяются въ молекулы совершенно опредѣленнымъ образомъ, что обусловливается такъ называемой атомностью элементовъ. Атомы, имѣющіе опредѣленную тѣлесную форму, уже не сгруппировываются въ неизмѣнныя по строенію молекулы; изъ разсмотрѣнія химическихъ соединеній мы уже знаемъ, что между атомами въ молекулахъ всегда остаются болѣе или менѣе значительные просвѣты; атомы очень часто отрываются отъ молекулы и ихъ мѣсто заступаютъ другіе атомы. Кромѣ того, изученіе тепловыхъ явленій показало намъ, что движенія по отношенію другъ къ другу совершаютъ не только молекулы, но и атомы въ молекулахъ; эти движенія атомовъ мы уподобляли движенію планетъ вокругъ ихъ солнцъ.

Здѣсь надо искать объясненія тѣхъ свойствъ вещества, которыя химики называютъ значностью, или атомностью элементовъ и группъ атомовъ, извѣстныхъ подъ именемъ радикаловъ. Оказывается, что атомы извѣстныхъ элементовъ могутъ заступать въ соединеніяхъ атомовъ мѣсто другихъ атомовъ. Такъ во многихъ изъ разсмотрѣнныхъ нами соединеній атомъ хлора замѣщалъ водородный атомъ; точно такъ же легко становятся на мѣсто атомовъ водорода атомы брома, іода и фтора.

Вслѣдствіе этого атомы названныхъ элементовъ называются равноэквивалентными, или равноцѣнными. Напротивъ того, атомъ кислорода не можетъ стать на мѣсто одного атома водорода или какого-нибудь другого изъ только что названныхъ элементовъ; для такого замѣщенія должны быть предварительно вытѣснены два атома водорода на каждый кислородный атомъ. Но атомъ сѣры, кальція и нѣкоторыхъ другихъ элементовъ можетъ замѣстить собой атомъ кислорода. Эти вещества въ свою очередь будутъ другъ относительно друга эквивалентны. Тѣ элементы, которые были упомянуты вмѣстѣ съ водородомъ, обладаютъ по сравненію съ этими, только половинной атомностью. Точно такимъ же образомъ можно было отобрать и остальные элементы въ отдѣльныя группы элементовъ трехзначныхъ, четырехзначныхъ и пятизначныхъ.

Равнымъ образомъ мы знаемъ, преимущественно изъ органической химіи, цѣлый рядъ радикаловъ, то есть группъ атомовъ, которые переходятъ изъ одного соединенія въ другое совершенно какъ простые атомы и которые имѣютъ вполнѣ опредѣленную значность, обусловливаемую ихъ атомнымъ строеніемъ; таковы, напримѣръ: группа метила $-CH_3$, которая однозначна въ виду того, что въ заключающемся въ ней углеродномъ атомѣ остается ненасыщенной четвертая единица сродства двузначная; группа метилена $-CH_2-$ однозначная гидроксильная группа $OH-$, далѣе также однозначная карбоксильная группа $COOH-$ или однозначная фениловая группа $-C_6H_5$, то есть бензойное ядро безъ одного водороднаго атома, и т. д.

Изъ этихъ фактовъ мы должны заключить, что извѣстные атомы атомныхъ группъ проявляютъ свою притягательную силу лишь въ опредѣленныхъ направленіяхъ, одни въ одномъ, другіе въ другомъ и т. д., что мы и выражаемъ при помощи черточекъ, которыя мы ставимъ около того или другого символа. Не надо повторять, что къ этому способу обозначенія мы прибѣгаемъ только по необходимости: онъ облегчаетъ намъ систематизацію химическихъ со-

единеній, но самыя единицы сродства совсѣмъ не выражаютъ тѣхъ свойствъ, какими атомы обладаютъ въ дѣйствительности. Мало того, мы видимъ, что даже не всѣ свойства химическихъ соединеній укладываются въ эту схему.

Мы знаемъ, что есть много такъ называемыхъ ненасыщенныхъ соединеній, въ которыхъ постоянно имѣется одна единица сродства или нѣсколько единицъ сродства, совсѣмъ не принимающихъ участья въ образованіи соединенія, а атомность азота, какъ мы видимъ, колеблется между 3 и 5. Въ послѣднее время найдено, что такого рода колебаніе атомности замѣчается и въ другихъ элементахъ, даже въ углеродѣ. Кромѣ того, сила, съ какой одна и та же единица сродства притягиваетъ одно и то же вещество, измѣняется въ зависимости отъ тѣхъ или другихъ внѣшнихъ условій, въ особенности же зависитъ она отъ давленія и температуры. Химическія притяженія совершенно уклоняются отъ законовъ всемірнаго тяготѣнія, которые мы могли прослѣдить съ такой точностью, и въ другихъ отношеніяхъ. Согласно закону всемірнаго тяготѣнія наиболѣе тяжелыя молекулы должны были бы оказывать наиболѣе сильное притяженіе, то есть должны бы обладать наиболѣе ярко выраженнымъ сродствомъ ко всевозможнымъ веществамъ, на самомъ же дѣлѣ оказывается, что это, по большей части, наиболѣе недѣятельныя вещества, но никакихъ правилъ на этотъ счетъ установить нельзя.

Напротивъ того, мы замѣчаемъ особую зависимость химическихъ притяженій отъ величинъ атомныхъ вѣсовъ. Если мы будемъ переходить въ періодической системѣ элементовъ (см. стр. 495) отъ элемента къ элементу по горизонтальному направленію, то при переходѣ справа налѣво мы будемъ встрѣчать элементы съ все новыми и новыми свойствами, и если мы возьмемъ тѣ, которые стоятъ по краямъ такого горизонтальнаго ряда, справа и слѣва, то мы увидимъ, что они по своимъ свойствамъ какъ бы полярно противоположны. Такъ, въ первомъ ряду мы видимъ литій, бериллій, углеродъ, азотъ, кислородъ и фторъ; впереди всѣхъ элементовъ стоитъ водородъ. Наиболѣе удаленные другъ отъ друга элементы, водородъ и фторъ проявляютъ по отношенію другъ къ другу наиболѣе сильное сродство, но въ то же время они обладаютъ прямо противоположными электрическими свойствами; къ этому обстоятельству мы еще возвратимся. Такимъ образомъ можно говорить объ элементахъ положительныхъ и отрицательныхъ; водородъ, металлы и т. п. элементы причисляются къ элементамъ положительнымъ, галоиды и металлоиды — къ отрицательнымъ.

Посерединѣ между ними въ первомъ ряду стоитъ углеродъ; углеродъ, стало быть, бываетъ иногда элементомъ положительнымъ, иногда отрицательнымъ, чѣмъ отчасти объясняется его способность къ образованію разнородныхъ соединеній.

Только элементы этого перваго ряда, гдѣ отношеніе разностей атомныхъ вѣсовъ къ величинамъ самихъ атомныхъ вѣсовъ еще довольно значительно, проявляютъ извѣстное сродство къ смежнымъ элементамъ, въ слѣдующихъ внизъ рядахъ это сродство смежныхъ элементовъ другъ къ другу все болѣе и болѣе ослабѣваетъ. Элементы, стоящіе одинъ подъ другимъ и образующіе вертикальные ряды имѣютъ или положительныя, или отрицательныя свойства, и потому каждый изъ нихъ легко заступаетъ мѣсто другого; таковы замѣщенія натрія каліемъ, хлора фторомъ и т. д. Это замѣщеніе происходитъ тѣмъ легче, чѣмъ меньше атомный вѣсъ вытѣсняющаго элемента, по сравненію съ атомнымъ вѣсомъ вытѣсняемаго. Натрій вытѣсняетъ калій, хлоръ вытѣсняется фторомъ, но не наоборотъ, по крайней мѣрѣ, при прочихъ равныхъ условіяхъ. Мы можемъ объяснить себѣ это тѣмъ, что легкое тѣло болѣе подвижно, нежели тяжелое; оно само почти не притягиваетъ, — оно только испытываетъ притяженіе.

Далѣе изъ законовъ тяготѣнія, къ которымъ впослѣдствіи съ добавленіемъ, конечно, нѣкоторыхъ особыхъ условій навѣрно, можно будетъ свести и движенія атомовъ, слѣдуетъ, что одна и та-же масса притягиваетъ одинаково всевозможныя тѣла; въ пустотѣ перо падаетъ съ такой же скоростью, какъ и камень. Въ междумолекулярномъ пространствѣ дѣло обстоитъ, повидимому,

иначе. Первичные атомы, управляющіе движеніями атомовъ химическихъ, по сравненію съ этими послѣдними, неизмѣримо значительнѣе, чѣмъ по отношенію къ настоящимъ планетамъ, по движеніямъ которыхъ были открыты законы тяготѣнія. Если мы вспомнимъ, что притягательное дѣйствіе массы, по воззрѣніямъ, изложеннымъ у насъ на стр. 97, объясняется тѣмъ, что она задерживаетъ часть ударовъ первичныхъ атомовъ, и что благодаря этому является какъ-бы экраномъ относительно тяготѣнія, то мы должны будемъ признать, что въ тѣхъ случаяхъ, когда по причинѣ малости самой массы удары падаютъ на нее лишь сравнительно рѣдко, должны имѣть мѣсто совершенно другія явленія. Такимъ образомъ притягательная сила массъ порядка химическихъ атомовъ будетъ убывать скорѣе, чѣмъ этого слѣдовало бы ожидать, исходя только изъ отношенія этихъ массъ. Удары первичныхъ атомовъ сообщаютъ атомамъ тѣмъ большую скорость, чѣмъ сами эти атомы меньше. Конечно, скорость эта не сообщается прямо, непосредственно, тому комплексу атомовъ, къ которому долженъ присоединиться нашъ движущійся атомъ, но бо̀льшая подвижность его обусловливаетъ и бо̀льшую легкость такого присоединенія, которымъ управляютъ, разумѣется, и другія причины. Вскорѣ мы выяснимъ себѣ этотъ вопросъ лучше.

Во всѣхъ элементахъ мы видимъ вліяніе двухъ противоположныхъ началъ: вліяніе атомнаго вѣса и вліяніе полярности. Этимъ объясняются рѣзкія различія въ свойствахъ элементовъ, образующихъ горизонтальные ряды нашей періодической системы; въ самомъ дѣлѣ, мы видимъ, что вслѣдъ за сильно отрицательнымъ фторомъ идетъ сильно положительный натрій (первый членъ во второмъ ряду). Если отнести оба этихъ вліянія къ нѣкоторому стоящему по серединѣ нормальному элементу, то такое совокупное дѣйствіе обоихъ условій можно выразить кривой, которая, начинаясь съ элементовъ съ небольшимъ атомнымъ вѣсомъ и дѣлаясь затѣмъ мало-по-малу все болѣе и болѣе плоской, будетъ подыматься и опускаться волнами столько разъ, сколько горизонтальныхъ рядовъ въ нашей системѣ. Съ подобными кривыми, выражающими свойства элементовъ, мы потомъ познакомимся (стр. 527).

Теперь попробуемъ составить себѣ представленіе о томъ, какъ вступаютъ атомы въ соединеніе, соотвѣтствующее присущимъ имъ единицамъ сродства, разумѣется, ни на минуту не забывая, что мы вступаемъ тутъ въ область совершенно гипотетическую. Но каждая гипотеза, построенная на основаніи всей совокупности данныхъ, опредѣляющихъ природу движеній и группировокъ всякихъ массъ, имѣетъ для насъ больше значенія, нежели то чисто схематическое представленіе, которое предполагаетъ опредѣленность направленіи дѣйствія химическаго притяженія, то есть то, чего не бываетъ при дѣйствіи ни одной другой силы.

Уже при обзорѣ органическихъ соединеній мы обратили вниманіе на сложность или, какъ мы выразились, на неестественность нѣкоторыхъ формулъ строенія. Мы разсмотримъ теперь нѣсколько подобныхъ случаевъ.

Формула строенія до извѣстной степени дѣйствительно указываетъ строеніе молекулы. Поэтому, устанавливая ее, мы должны стремиться не только къ тому, чтобы всѣ входящія въ нее вещества были соединены другъ съ другомъ въ соотвѣтствіи съ причитающимся каждому числомъ единицъ сродства, но и къ тому, чтобы во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, гдѣ возможно нѣсколько различныхъ способовъ соединеній, формула представляла собой именно тотъ, который наиболѣе соотвѣтствуетъ даннымъ наблюденія. Структурная формула должна быть, по возможности вѣрнымъ отраженіемъ всѣхъ свойствъ соединенія, и различныя группировки атомовъ въ формулахъ должны символически передавать дѣйствительную группировку ихъ въ пространствѣ. Мы видѣли, что существуетъ цѣлый рядъ веществъ, составленныхъ изъ одного и того же числа однихъ и тѣхъ же атомовъ, но въ то же время обладающихъ свойствами неодинаковыми; такія тѣла мы называли изомерами. Формулы должны выражать и эти различія свойствъ. Въ виду такихъ требованій становится понятной сложность многихъ формулъ строенія, именно тѣхъ, которыя выражаютъ собой нѣкоторыя органическія соединенія; становится

понятнымъ, почему приходится во многихъ случаяхъ останавливаться на формулахъ сложныхъ въ ущербъ возможному ихъ изяществу и симметріи. Мы видали это на примѣрѣ съ вытяжкой изъ фіалокъ (стр. 477). Въ большинствѣ случаевъ извѣстныя намъ соединенія можно выразить той или иной формулой строенія, лишь нѣкоторыя соединенія мы не умѣемъ передать формулами строенія. Поэтому мы въ правѣ предположить, что формулы эти даютъ намъ вѣрное представленіе о дѣйствительномъ строеніи того или другого вещества.

Существуютъ два тѣла, имѣющихъ одинъ и тотъ же сравнительно простой составъ C_2H_3N; одно изъ нихъ называется ацетонитрилъ, другое ацетоизонитрилъ. Они отличаются другъ отъ друга тѣмъ, что въ первомъ изъ нихъ легко вытѣсняется атомъ азота, во второмъ-же выпадаетъ подъ дѣйствіемъ другихъ веществъ легче всего атомъ углеродный. Эти свойства должны быть переданы соотвѣтственными формулами; другими словами, эти свойства должны сразу вытекать изъ изображаемой формулами группировки атомовъ. Это будетъ въ томъ случаѣ, когда мы напишемъ формулу нитрила въ видѣ $N{\equiv}C-CH_3$, а формулу изонитрила такъ: $C{\equiv}N-CH_3$. Въ первомъ случаѣ азотъ принятъ за элементъ трехзначный и стоитъ снаружи, во второмъ случаѣ—это элементъ пятиатомный, стоящій въ серединѣ группы атомовъ.

Но какъ представить себѣ эти группировки тогда, когда самимъ атомамъ будутъ приписаны извѣстныя тѣлесныя формы? Очевидно, такого рода представленія вообще возможны лишь въ томъ случаѣ, если мы предположимъ, что атомы представляютъ собой первичные кристаллы, поверхности которыхъ стоятъ въ извѣстномъ соотношеніи съ ихъ единицами сродства. Углеродный атомъ въ виду его четырезначности мы можемъ представить себѣ въ формѣ тетраедра, простѣйшей изъ пространственныхъ формъ. Атомъ азота долженъ имѣть три или пять свободныхъ сторонъ, водородный атомъ обладаетъ всегда лишь одной такой свободной поверхностью, поэтому его можно представлять себѣ, скажемъ въ формѣ полушарія. Поэтому мы можемъ сразу заполнить всѣ четыре стороны углероднаго атома, занимая три изъ нихъ водородными атомами, что и дастъ намъ давно уже извѣстный намъ радикалъ метилъ; къ четвертой же сторонѣ его въ нитрилѣ присоединяется другой углеродный атомъ; для этого требуется только одна изъ граней этого второго C; три грани его, стало быть, остаются свободными; изъ нихъ одна, въ свою очередь, присоединяется къ N. И такъ, какъ у этого второго C, такъ и у N имѣется по двѣ свободныхъ грани; на эти-то грани и будутъ направлены дѣйствія другихъ атомовъ, стремящихся вывести содержащіеся въ соединеніи атомы изъ занимаемаго ими положенія. Но мы тотчасъ же замѣчаемъ, что N присоединенъ не такъ прочно, какъ другіе атомы, а потому его легче и оторвать. Въ формулѣ изонитрила мы видимъ обратное. Тутъ на краю стоитъ C, въ которомъ имѣется три свободныхъ поверхности.

Въ написанныхъ нами структурныхъ формулахъ мы заставляемъ взаимно насыщать другъ друга нѣсколько единицъ сродства C и H. Нѣтъ никакой возможности доказать, что это именно такъ и есть; мало того, надо полагать, что это совершенно невѣроятно. Поэтому оба соединенія надо причислить къ соединеніямъ ненасыщеннымъ, и мы не сдѣлаемъ ничего противорѣчащаго даннымъ наблюденія, если мы напишемъ ихъ формулы такъ: $\overset{|}{\underset{|}{N}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-CH_3$ и $-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{\|}{N}}-CH_3$, то есть съ свободными единицами сродства, что соотвѣтствуетъ и нашему пространственному представленію обоихъ тѣлъ. Въ самомъ дѣлѣ, соотвѣтственными пріемами можно насытить эти свободныя единицы другими атомами.

Не всѣ изомеры, формулу которыхъ можно написать, встрѣчаются въ природѣ или могутъ быть образованы нами. Поразительный примѣръ такого рода соединеній приводитъ Нернстъ въ своей теоретической химіи, которой мы при изложеніи этихъ вопросовъ постоянно пользуемся. Если отнять отъ упомянутаго выше нитрила группу CH_2, то онъ переходитъ въ синильную кислоту, CNH, что въ томъ случаѣ, когда онъ данъ въ формѣ $C{\equiv}N-CH_3$, должно произойти сразу,

такъ какъ CH_3 и H оба однозначны, и потому могутъ замѣщать другъ друга. Формула, не претерпѣвая никакихъ другихъ измѣненій, перейдетъ въ $C \equiv N-H$. Эта формула показываетъ, что синильная кислота должна легко расщепляться на C и радикалъ NH. Этотъ радикалъ принадлежитъ къ числу амміачныхъ (NH_3, NH_2 и NH), сообщающихъ тѣмъ веществамъ, въ составъ которыхъ они вступаютъ амміачныя свойства. Такимъ образомъ разсматриваемое нами вещество пришлось бы признать за амміачное производное; но синильная кислота не производное амміака, потому что для нея характерной и исходной группой является радикалъ CN. Этому требованію отвѣчаетъ скорѣе вторая предполагаемая формула строенія $N \equiv C-H$, потому что тутъ N и C присоединены другъ къ другу прочнѣе, то есть тутъ меньше насыщенныхъ единицъ сродства. Удивительно то, что извѣстна лишь одна синильная кислота, тогда какъ существуетъ два нитрила, соотвѣтствующихъ двумъ приведеннымъ нами формуламъ, а между тѣмъ кислота отличается отъ нитриловъ только тѣмъ, что въ ней вмѣсто ихъ метила CH_3 стоитъ одно H. Весьма возможно, что въ этомъ и въ другихъ подобныхъ этому случаяхъ отсутствіе такого рода соединеній объясняется лишь тѣмъ, что они слишкомъ нестойки, а потому ихъ не приходится наблюдать.

Къ весьма интереснымъ соображеніямъ приводитъ насъ разсмотрѣніе бензойнаго ядра и въ этомъ случаѣ. Бензолъ имѣетъ такой составъ: C_6H_6. Если бы рѣчь шла только о томъ, чтобы размѣстить имѣющіяся въ данномъ соединеніи единицы сродства между составляющими его двѣнадцатью атомами, то этому требованію удовлетворяла бы такая симметричная формула $H-C \equiv C-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-C \equiv C-H$.

Такое вещество дѣйствительно существуетъ: это одинъ изъ весьма непрочныхъ углеводородовъ жирнаго ряда, такъ называемый дипропаргилъ, который соотвѣтствуетъ этой формулѣ, съ одной стороны, какъ соединеніе съ открытой цѣпью, съ другой стороны, какъ соединеніе ненасыщенное. Бензолъ составленъ изъ углерода и водорода съ соблюденіемъ того же самаго отношенія между этими веществами, но онъ представляетъ собой тѣло несравненно болѣе стойкое и обладаетъ свойствами, дѣлающими его непохожимъ на сказанный углеводородъ. Итакъ, надо было придумать формулу, въ которой тройныхъ связей уже не было бы. Въ то же время, въ виду свойствъ бензола, было необходимо, чтобы новая формула была еще болѣе симметрична, чѣмъ наша; почти во всѣхъ органическихъ соединеніяхъ водородные атомы, связанные съ углеродными, могутъ быть замѣщены атомами хлора, которые, какъ и водородъ, обладаютъ также одной единицей сродства. Если замѣстить въ бензолѣ одинъ изъ H хлоромъ, то при допущеніи, что написанная нами формула вѣрна, пришлось бы признать необходимость существованія цѣлаго ряда изомеровъ, соотвѣтствующихъ тѣмъ случаямъ, когда замѣщаются H крайнихъ членовъ цѣпи и тѣмъ, когда вытѣсненъ H, связанный съ однимъ C, стоящихъ посреди цѣпи; въ первомъ случаѣ представлялось бы возможнымъ отщепить радикалъ ClC, во второмъ же атомъ Cl былъ бы присоединенъ къ C гораздо прочнѣе, и во всякомъ случаѣ вмѣстѣ съ C его отдѣлить было бы уже невозможно. Но мы знаемъ лишь одно соединеніе этого состава, хлористый фенилъ (C_6H_5Cl). Отсюда слѣдуетъ, что формулѣ бензола надо придать такой видъ, чтобы всѣ шесть H занимали по отношенію къ шести C соотвѣтственно одно и то же положеніе. Формулу строенія, отвѣчающую такимъ условіямъ, установить весьма не легко, но при помощи бензойнаго ядра это можно выполнить слѣдующимъ образомъ:

```
        H                     H
        |                     |
        C                     C
  H—C ⁄   ⧵ C—H        H—C ⁄   ⧵ C—Cl
     ‖     |              ‖     |
  H—C ⧵   ⁄ C—H        H—C ⧵   ⁄ C—H
        C                     C
        |                     |
        H                     H
     Бензолъ           Хлористый фенилъ.
```

Открытіе бензойнаго ядра (Кекуле) мы должны признать блестящей, геніальной идеей; открытіе это произвело переворотъ во всей области химіи, занимающейся изученіемъ строенія веществъ.

Дѣйствительно, — все равно, гдѣ бы ни сталъ въ бензойномъ ядрѣ замѣняющій H атомъ хлора,—асиметрія во всѣхъ случаяхъ будетъ одна и та же.

Но разъ въ ядрѣ одинъ H уже замѣненъ, положеніе второго вытѣсняемаго водороднаго атома уже является не безразличнымъ. Вѣдь если обѣ новыхъ группы будутъ стоять въ ядрѣ рядомъ, онѣ могутъ дѣйствовать другъ на друга съ большей легкостью, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда онѣ отдѣлены другими группами. Вотъ почему существуютъ орто=, мета= и параизомеры, какъ мы уже имѣли случай указать на стр. 474 При нашемъ пространственномъ способѣ представленія этотъ фактъ не требуетъ особыхъ объясненій.

Но есть еще одно очень важное основаніе для того, чтобы приписать углеродному атому форму тетраедра. Мы знаемъ, что метанъ (болотный газъ) имѣетъ составъ CH_4; его формулу строенія мы получимъ, располагая четыре H вокругъ C крестообразно. H на хлоръ можно замѣщать и въ метанѣ. Если замѣстить тутъ хлоромъ два такихъ водородныхъ атома, то при обычномъ способѣ обозначенія у насъ должно получиться, какъ мы сейчасъ увидимъ, два такихъ изомера, два „хлористыхъ метилена“, а именно:

```
    H              H              H
    |              |              |
 H—C—H         Cl—C—Cl        Cl—C—H
    |              |              |
    H              H              Cl
```

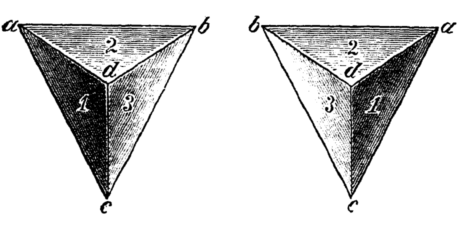
Метанъ — Хлористый метиленъ.

Въ одномъ изъ этихъ хлористыхъ метиленовъ оба атома хлора стоятъ рядомъ, въ другомъ—другъ противъ друга, стало быть, у нихъ должны быть неодинаковыя свойства. Но на самомъ дѣлѣ извѣстенъ только одинъ хлористый метиленъ. При нашемъ пространственномъ способѣ представленія это совершенно понятно; въ тетраедрѣ всѣ четыре грани занимаютъ по отношенію другъ къ другу одинаково смежное положеніе. Вершины двухъ любыхъ угловъ его, равно какъ и середины любыхъ двухъ его граней всегда одинаково удалены отъ вершинъ двухъ другихъ его граней. Какое бы толкованіе ни придать понятію значности, представленію объ единицахъ сродства, предположеніе о нахожденіи этихъ четырехъ выступающихъ точекъ въ одной плоскости будетъ всегда неестественной натяжкой. Въ самомъ дѣлѣ, вѣдь всѣ эти процессы совершаются въ пространствѣ, мы, стало быть, все время имѣемъ дѣло съ матеріей, наполняющей пространство, и, сверхъ того, нѣтъ ни одного указанія, которое заставляло бы насъ думать, что эти химическія силы дѣйствуютъ въ одной плоскости. Напротивъ того, ихъ направленія соотвѣтствуютъ всегда цѣлой системѣ плоскостей, которыя образуютъ тѣла, кристаллы.

Форму тетраедра слѣдуетъ приписать углеродному атому еще въ виду одного примѣчательнаго свойства его соединеній, о которомъ мы уже говорили раньше. Мы видѣли, что для тѣхъ углеводородныхъ соединеній, въ которыхъ всѣ четыре единицы сродства углерода насыщены неодинаковыми группами атомовъ, не только существуетъ обусловленный разнообразіемъ атомныхъ группировокъ рядъ изомеровъ химическихъ, но наблюдается и другого рода явленіе, — изомерія оптическая, или „зеркальная“.

Говоря о винной кислотѣ, мы упомянули (стр. 462) и о наблюдающейся въ ней зеркальной изомеріи. Наряду съ винной кислотой, оптически индифферентной, существуетъ „правая винная кислота“, вращающая плоскость поляризаціи свѣтового луча вправо, и „лѣвая винная кислота“, вращающая ее влѣво. Въ химическомъ отношеніи всѣ три совершенно одинаковы. Если недѣятельному видоизмѣненію винной кислоты дать выкристаллизоваться, то у насъ получатся кристаллы двухъ родовъ (стр. 462), принадлежащіе къ правильной системѣ, которые относятся другъ къ другу, какъ изображеніе предмета въ зеркалѣ къ самому

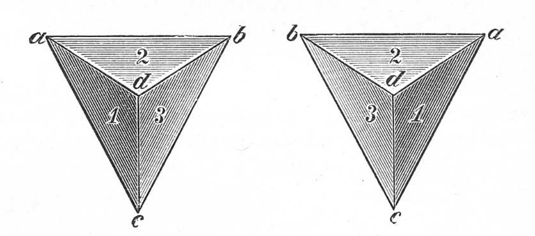
предмету, или какъ правая рука къ лѣвой. Мы уже указали, что послѣ растворенія оптически недѣятельной винной кислоты и выдѣленія изъ нея двухъ новыхъ различныхъ формъ, растворъ одной изъ нихъ дастъ правовращающую винную кислоту, растворъ другой — лѣвовращающую винную кислоту. Эта оптическая изомерія обусловлена, какъ мы видимъ изъ формулы строенія $\begin{array}{l} H-C<^{OH}_{COOH} \\ \quad\ | \\ H-C<^{COOH}_{OH} \end{array}$ присутствіемъ въ соединеніи несимметричнаго углероднаго атома, но формула эта не даетъ намъ никакого представленія о томъ, въ чемъ состоитъ это распаденіе на два различныхъ вещества, потому что порядокъ соединенныхъ другъ съ другомъ атомовъ долженъ оставаться какъ въ томъ, такъ и въ другомъ одинъ и тотъ же. Иначе обстоитъ дѣло въ томъ случаѣ, когда углеродный атомъ мы будемъ представлять себѣ въ формѣ тетраедра. Ниже у насъ помѣщены рядомъ изображенія двухъ тетраедровъ; три обращенныхъ къ намъ грани мы обозначили соотвѣтственными цифрами; четвертыми гранями оба тетраедра лежать на плоскости бумаги. Грани распредѣлены такъ, что одинъ изъ тетраедровъ относится къ другому какъ изображеніе предмета въ зеркалѣ къ самому предмету; какъ бы мы ихъ ни поворачивали, они не совпадутъ (они не конгруентны), и равныя грани не совмѣстятся. Но въ то же время, какъ въ томъ такъ и въ другомъ, лежатъ рядомъ однѣ и тѣ же грани, такъ что съ химической точки зрѣнія они совершенно одинаковы. Если мы представимъ себѣ, что всѣ атомы, связанные съ этими четырьмя гранями неодинаковы, то получающаяся у насъ молекула не можетъ находиться въ равновѣсіи, такъ что она будетъ несимметричной и въ механическомъ смыслѣ; ея геометрическій центръ не совпадаетъ съ центромъ тяжести. Если теперь такая молекула подъ вліяніемъ какой-либо причины придетъ во вращательное движеніе или будетъ приводить во вращеніе какія-нибудь другія частицы, какъ это бываетъ при дѣйствіи такого рода веществъ на волны свѣтового эѳира, то направленія вращенія въ молекулахъ обоего рода будутъ непремѣнно взаимно противоположными; центры тяжести лежатъ въ этихъ двухъ случаяхъ по разную сторону отъ геометрическаго центра. Такимъ образомъ при допущеніи тетраедрической формы углеродныхъ атомовъ оптическая изомерія становится явленіемъ совершенно понятнымъ.



Два тетраедра съ несимметричнымъ распредѣленіемъ поверхностей. См. текстъ рядомъ.

Мы предположили, что главной формой правильныхъ атомовъ является форма шаровая, потому что среди всѣхъ извѣстныхъ намъ тѣлъ это какъ бы среднее по формѣ тѣло. Для того чтобы образовать изъ шаровъ тѣло, необходимо, по крайней мѣрѣ, четыре шара; проведя къ нимъ касательныя плоскости, получимъ тетраедръ. Если бы на образованіе тѣла было употреблено болѣе, нежели четыре шара, то все же число ихъ оставалось бы кратнымъ четырехъ, потому что изъ нѣсколькихъ небольшихъ тетраедровъ всегда можно образовать большій. Если атомный вѣсъ элементовъ является результатомъ соединенія въ одно цѣлое нѣсколькихъ равныхъ первичныхъ атомовъ, то атомный вѣсъ углерода, какова бы ни была принятая нами единица, долженъ выразиться также числомъ кратнымъ четырехъ; потому что эта единица слагается, въ концѣ концовъ, всегда изъ цѣлаго числа неизвѣстныхъ намъ по величинѣ первичныхъ атомовъ. По отношенію къ углероду это требованіе удовлетворяется: его атомный вѣсъ равенъ 12. Наконецъ, углеродъ и кристаллизуется въ кристаллахъ правильной системы, которые могутъ быть легко получены изъ тетраедровъ.

Всѣ данныя, относящіяся къ опытному опредѣленію пространственнаго расположенія атомовъ въ молекулѣ, опредѣленію, привлекающему въ послѣднее время



Два тетраедра съ несимметричнымъ распредѣленіемъ поверхностей. См. текстъ рядомъ.

все большее и большее число изслѣдованій, составляютъ часть химіи, называемую стереохиміей. Разработка ея должна непремѣнно дать плодотворные результаты.

6. Химическія свойства матеріи и температура.

Отъ температуры зависятъ не только всѣ физическіе процессы, за исключеніемъ тяготѣнія, но и процессы химическіе. Измѣненія температуры сопровождаются измѣненіями химическаго характера, а, наоборотъ, химическіе процессы могутъ сообщать тому или другому тѣлу или отнимать отъ него значительныя количества тепла. Но химическія соединенія могутъ образовываться лишь въ извѣстныхъ предѣлахъ температуръ, — слишкомъ низкія температуры дѣлаютъ матерію настолько недѣятельной, что тѣла или вовсе не вступаютъ другъ съ другомъ въ соединенія, или же такого рода реакціи протекаютъ значительно медленнѣе. При температурахъ же слишкомъ высокихъ всѣ соединенія въ концѣ концовъ постепенно „диссоціируютъ"; матерія превращается снова въ тѣ формы, при которыхъ отдѣльныя ея части находятся въ наиболѣе простомъ отношеніи другъ къ другу или даже вовсе ничѣмъ не связаны. Тѣ аггрегатныя состоянія, которыми мы до сихъ поръ интересовались съ точки зрѣнія физиковъ, зависятъ въ значительной степени отъ химическихъ свойствъ разсматриваемыхъ нами веществъ, а стало быть, и отъ ихъ дѣйствій, зависящихъ отъ температуры. Этимъ то вопросомъ объ отношеніи аггрегатныхъ состояній къ температурамъ мы теперь и подробнѣе займемся.

а) Газы.

Существуетъ цѣлый рядъ такихъ химическихъ элементовъ и даже соединеній, которые не превращаются въ газы при доступныхъ намъ температурахъ, но тѣмъ не менѣе все говоритъ въ пользу того, что это объясняется лишь недостаточностью имѣющихся у насъ средствъ. Чѣмъ выше температуры, тѣмъ больше число веществъ, переходящихъ при нихъ въ газообразное состояніе, тѣмъ больше число соединеній, распадающихся подъ вліяніемъ ихъ на составные элементы. Спектроскопъ показываетъ намъ, что на солнцѣ, гдѣ температура, по всей вѣроятности, соотвѣтствуетъ 6000—10000°, въ газообразномъ состояніи находятся даже тѣла, которыхъ мы на землѣ не умѣемъ получать даже въ жидкомъ состояніи, такъ какъ имѣющіяся до сихъ поръ у насъ въ распоряженіи температуры не превышаютъ 3—4000°.

Данныя относительно природы тепла, добытыя нами при изученіи процессовъ физическихъ, приводятъ насъ къ убѣжденію, что при повышеніи температуры сначала постепенно ослабѣваютъ связи между молекулами, и что затѣмъ мало-по-малу отдѣляются другъ отъ друга и самые атомы, составляющіе эти молекулы; такимъ образомъ сначала освобождаются отъ взаимныхъ связей молекулы, потомъ атомы, и атомы эти далѣе начинаютъ перемѣщаться по прямымъ линіямъ. Прежде, чѣмъ идти дальше, сдѣлаемъ краткій обзоръ всего того, что было добыто нами по этому вопросу въ той части книги, гдѣ мы разсматривали физическую сторону этихъ явленій.

Всѣ эти данныя основываются на поразительномъ сходствѣ физическихъ свойствъ самыхъ разнородныхъ газовъ. Прежде всего мы вывели законъ Бойля-Маріотта (стр. 148), согласно которому произведеніе объема какого-нибудь количества газа на испытываемое имъ давленіе при одной и той же температурѣ всегда одно и то же, и законъ Гей-Люссака (стр. 148), по которому при одинаковомъ повышеніи температуры всѣ газы расширяются на одну и ту же опредѣленную часть своего объема. Далѣе затѣмъ мы пришли къ числу—273°, которое назвали абсолютнымъ нулемъ (см. стр. 146); при абсолютномъ нулѣ тѣла пріобрѣтаютъ наибольшую плотность, и потому тутъ при этомъ максимальномъ сближеніи ихъ частицъ, прекращаются всѣ химическія реакціи. Затѣмъ мы опредѣлили величину такъ называемой постоянной R; при помощи ея мы имѣли возможность предсказывать и вы-

числять состояніе любого газа при тѣхъ или другихъ температурахъ и давленіяхъ; исключеніе составляютъ лишь предѣльные случаи, которые являются прекраснымъ подтвержденіемъ основаннаго на этихъ данныхъ опыта кинетической теоріи газовъ (стр. 147).

Молекулы газа перемѣщаются въ немъ по разнымъ направленіямъ впередъ и назадъ съ большой скоростью, которая зависитъ отъ температуры самого газа. При одной и той же температурѣ живая сила движущихся молекулъ во всѣхъ газахъ, стало быть, одна и та же, независимо отъ малости самихъ молекулъ. Давленіе, производимое газомъ на стѣнки сосуда, въ которомъ онъ содержится, зависитъ, во-первыхъ, отъ числа ударовъ производимыхъ этими молекулами, во-вторыхъ, отъ ихъ скорости, и наконецъ, въ третьихъ, отъ ихъ массы, то есть отъ вѣса молекулъ. Но при одной и той же температурѣ живая сила молекулъ во всѣхъ газахъ одна и та же, и потому давленіе ихъ будетъ зависѣть лишь отъ числа молекулъ и отъ ихъ вѣсовъ, а такъ какъ плотность газа можно принять равной его давленію, то между этой плотностью d, числомъ дѣйствующихъ молекулъ N и молекулярнымъ вѣсомъ M, можно написать такое простое соотношеніе $d = NM$; для какого-нибудь другого газа будемъ имѣть $d_1 = N_1 M_1$ откуда получаемъ $\frac{d}{d_1} = \frac{NM}{N_1 M_1}$.

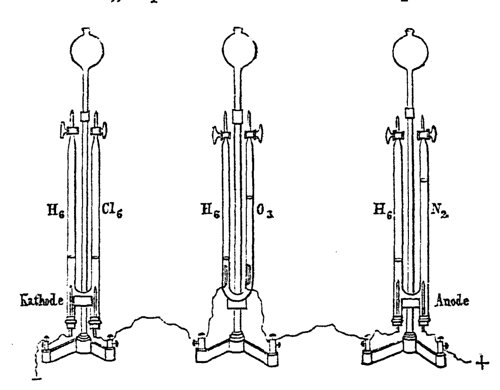
Отсюда мы видимъ, что зная отношеніе плотностей двухъ газовъ и ихъ молекулярныхъ вѣсовъ можно опредѣлить отношеніе числа молекулъ того и другого газа, содержащихся въ одномъ кубическомъ сантиметрѣ. Произведенныя со всей доступной для насъ точностью измѣренія этого отношенія приводятъ насъ къ весьма важному выводу, а именно, мы видимъ, что число молекулъ газа, содержащихся въ одномъ и томъ же объемѣ, при одинаковой температурѣ и одинаковомъ внѣшнемъ давленіи, во всѣхъ газахъ одно и то же. Такимъ образомъ, въ одномъ кубическомъ сантиметрѣ легкаго водорода и въ одномъ кубическомъ сантиметрѣ вѣсящаго въ 16 разъ болѣе его кислорода содержится одно и то же число молекулъ газа; у насъ (стр. 109) даже приведено такое, вѣроятно, весьма близкое къ дѣйствительности число въ круглыхъ цифрахъ, въ билліонахъ. Эта необыкновенно простая зависимость, изъ которой можно вывести всѣ остальные простые законы, носитъ названіе закона Авогадро.

Этотъ законъ позволяетъ намъ опредѣлять при помощи извѣстныхъ уже намъ плотностей газовъ, или такъ называемой плотности пара, ихъ молекулярные и атомные вѣса; и этотъ способъ опредѣленія является способомъ наиболѣе надежнымъ.

Собственно говоря, этимъ способомъ мы уже разъ пользовались: мы разлагали воду гальваническимъ токомъ и затѣмъ опредѣляли удѣльные вѣса составляющихъ ее элементовъ (стр. 370). Объемъ водорода, выдѣлившагося въ одной изъ трубокъ вольтаметра, былъ въ два раза больше объема кислорода, получившагося въ другой трубкѣ прибора.

Температура и давленіе въ обѣихъ трубкахъ прибора однѣ и тѣ же; но въ водѣ на каждый атомъ кислорода приходится два атома водорода, а по закону Авогадро разстоянія между атомами и тутъ и тамъ должны быть одни и тѣ же, и потому водородныхъ атомовъ должно получиться у насъ въ два раза больше, чѣмъ кислородныхъ. Такимъ образомъ отношеніе объемовъ газовъ, выдѣляющихся въ вольтаметрахъ, равно отношенію числа соотвѣтственныхъ атомовъ, входящихъ въ составъ молекулы разлагаемаго вещества. Если соединить, какъ у насъ на рисункѣ, три вольтаметра, одинъ съ соляной кислотой HCl, другой съ водой H_2O, и третій съ амміакомъ, NH_3, и пропустить черезъ эти жидкости токъ одной и той же силы, то въ первомъ выдѣлятся равные объемы H и Cl, во второмъ объемъ H будетъ въ два раза больше объема O, и наконецъ, въ третьемъ объемъ водорода H будетъ въ три раза больше, нежели объемъ азота N, что въ точности соотвѣтствуетъ химическимъ формуламъ названныхъ нами веществъ (см. чертежъ на стр. 506).

Какъ мы уже видѣли на стр. 413, эти освобождающіеся изъ соединеній газы, за нѣкоторыми исключеніями, тотчасъ же вновь образуютъ соединенія, но соединяются между собой тутъ же атомы одного и того же вещества, при чемъ молекулу составляютъ всегда два атома. Къ такому выводу мы приходимъ на основаніи изученія величинъ плотностей пара и опредѣленій атомныхъ вѣсовъ. Надо твердо помнить, что законъ Авогадро говоритъ о содержаніи въ одинаковыхъ объемахъ одного и того же числа молекулъ, а не атомовъ. Мы уже знаемъ, что въ молекулѣ можетъ быть сто и болѣе атомовъ; въ силу этого такое вещество въ парообразномъ состояніи будетъ въ сто разъ плотнѣе, чѣмъ въ томъ случаѣ, если бъ его молекула состояла всего лишь изъ одного атома. Такимъ образомъ, разъ молекула озона, въ отличіе отъ молекулы обыкновеннаго двуатомнаго кислорода, состоитъ изъ трехъ кислородныхъ атомовъ, то отношеніе плотностей „паровъ" озона и кислорода должно равняться 3:2, что на самомъ дѣлѣ и имѣетъ мѣсто, ибо отношеніе между вѣсами озона и кислорода равно именно этому числу. Если путемъ непосредственнаго взвѣшиванія можно опредѣлить малѣйшее вѣсовое отношеніе, при которомъ данное вещество и какое-нибудь другое образуютъ твердое или жидкое соединеніе, и если мы видимъ, что одно и то же вещество, находясь въ газообразномъ состояніи, имѣетъ въ два раза большій атомный вѣсъ, чѣмъ въ другихъ случаяхъ, то тѣмъ самымъ доказывается и фактъ образованія газовыхъ молекулъ изъ двухъ атомовъ.



Опредѣленіе отношенія числа атомовъ веществъ, образующихъ молекулу, при помощи разложенія въ вольтаметрахъ. Вольтаметры съ a) соляной кислотой b) водой c) амміакомъ. См. текстъ, стр. 506.

Интересное исключеніе представляетъ ртуть, вещество примѣчательное и во многихъ другихъ отношеніяхъ, пары которой показываютъ что молекула ея состоитъ всего изъ одного атома, то есть, что она легче въ два раза, чѣмъ этого слѣдовало бы ожидать. Поскольку можно было изслѣдовать прочіе металлы, найдено, что и они въ парообразномъ состояніи состоятъ изъ молекулъ только въ одинъ атомъ.

Точно также всѣ вновь открытые газы, гелій, неонъ, аргонъ, криптонъ, ксенонъ, всѣ состоятъ изъ отдѣльныхъ атомовъ. Разумѣется, придти къ такому выводу можно лишь на основаніи косвенныхъ указаній, потому что ни одно изъ этихъ веществъ съ другими въ соединеніе не вступаетъ, такъ что наши свѣдѣнія объ атомномъ вѣсѣ въ данномъ случаѣ основываются лишь на опредѣленіяхъ ихъ плотности въ газообразномъ состояніи. При этомъ оказывается, что какой-нибудь объемъ гелія вѣситъ вдвое больше такого же объема водорода. Если бы молекулы обоихъ газовъ состояли изъ попарно соединенныхъ атомовъ, то атомный вѣсъ гелія пришлось бы положить равнымъ 2. Но существуетъ чисто физическій методъ опредѣленія молекулярнаго вѣса, который основывается на положеніяхъ кинетической теоріи газовъ, столь плодотворной и богатой разнообразными приложеніями; мы уже одинъ разъ къ ней прибѣгали. А именно, намъ пришлось воспользоваться выводами кинетической теоріи газовъ при опредѣленіи скорости распространенія звука въ газахъ (стр. 184); непосредственно, опытнымъ путемъ найденная скорость отличается отъ той, которая вытекаетъ изъ формулы, содержащей въ себѣ упругость газовъ; поэтому она требуетъ поправки, зависящей отъ теплоемкости взятаго въ томъ или другомъ отдѣльномъ случаѣ газа. Теплоемкость эта является въ свою очередь функціей числа ударовъ сталкивающихся между собой при распространеніи звука молекулъ и ихъ вѣса. Такимъ образомъ, при одинаковомъ числѣ молекулъ въ единицѣ объема, величина поправки прямо пропорціональна ихъ вѣсу; измѣривъ скорость

звука, мы можемъ найти тотчасъ же и эту поправку. При помощи кундтовыхъ пылевыхъ фигуръ эту скорость можно опредѣлить для любого газа съ большой точностью; при этомъ оказывается, что тѣ мельчайшія частицы гелія, которыя являются передатчиками звука, не въ два, но въ четыре раза тяжелѣе водородныхъ атомовъ. Если мы примемъ въ разсчетъ указанное нами выше опредѣленіе плотности пара, то мы найдемъ, что газообразный гелій долженъ состоять изъ отдѣльныхъ атомовъ. Точно также изъ отдѣльныхъ атомовъ состоятъ и остальные недавно открытые въ воздухѣ газы. Въ химическомъ отношеніи они представляются совершенно недѣятельными, но это именно и говоритъ въ пользу того, что они состоятъ изъ отдѣльныхъ атомовъ: для этого достаточно принять ихъ за очень устойчивыя соединенія, въ которыхъ сродство совершенно насыщено.

Укажемъ теперь на одно предположеніе относительно гелія, которое могло явиться только у астронома. Когда еще присутствіе гелія не было обнаружено на землѣ, и его знали только по линіи D_3 солнечнаго спектра (стр. 235) (о ней мы не разъ говорили), то авторъ настоящаго сочиненія высказалъ предположеніе, что, когда гелій на землѣ найдутъ, то окажется, что этотъ газъ легче водорода; исходной точкой при этомъ служило то соображеніе, что на солнцѣ гелій встрѣчается только въ самыхъ верхнихъ слояхъ солнечной атмосферы, водородная же атмосфера облегаетъ ядро непосредственно. Но это предположеніе не оправдалось; пары гелія въ два раза тяжелѣе газообразнаго водорода, хотя послѣ водорода онъ является наиболѣе легкимъ веществомъ. Если допустить, что гелій представляетъ собой аллотропическое видоизмѣненіе водорода, что молекула гелія содержитъ въ себѣ 4 атома H и что эти атомы при очень высокихъ температурахъ другъ отъ друга отдѣляются, диссоціируютъ, то въ этомъ состояніи онъ былъ бы вдвое легче обыкновеннаго водорода. При охлажденіи, все большее и большее число атомовъ соединялось бы въ молекулы, состоящія каждая изъ двухъ атомовъ; молекулы эти, какъ болѣе тяжелыя части гелія, осѣдали бы въ нижніе слои солнечной атмосферы, входя тамъ въ составъ „хромосферы", которая въ большомъ количествѣ содержитъ водородъ, — гелій содержится въ ней лишь въ видѣ незначительной примѣси. Только при наличности всѣхъ тѣхъ условій, о которыхъ мы только что говорили, при наличности тѣхъ данныхъ, которыя весьма мало вѣроятны, а именно при очень низкихъ температурахъ и высокомъ давленіи, изъ двухъ водородныхъ молекулъ могъ бы получиться одинъ атомъ гелія; тогда гелій представлялъ бы собой то вполнѣ насыщенное аллотропическое видоизмѣненіе водорода, которое уже не можетъ вступать ни въ какія соединенія.

Разъ мы уже занялись такими, во всякомъ случаѣ интересными, соображеніями по вопросамъ химіи, соображеніями, основанными на данныхъ астрономіи, то укажемъ еще на одно подобное соображеніе. Въ спискѣ элементовъ, найденныхъ до сихъ поръ на солнцѣ, если распредѣлить ихъ по возрастающимъ значеніямъ ихъ атомныхъ вѣсовъ, будутъ значиться, кончая элементомъ съ атомнымъ вѣсомъ 165, эрбіемъ, всѣ извѣстныя намъ вещества, кромѣ слѣдующихъ: прежде всего мы не видимъ тамъ не-металловъ, за исключеніемъ углерода, водорода и кремнія. Объясняется это исключительно тѣмъ, что для изслѣдованія состава солнца мы располагаемъ лишь однимъ пріемомъ, — спектроскопіей, а спектры недостающихъ въ сказанномъ спискѣ металлоидовъ слишкомъ слабы по сравненію со спектрами металловъ, и потому замѣтить ихъ очень трудно. Спектръ углерода, напримѣръ, удалось открыть лишь сравнительно недавно. Такъ что отсутствіе спектровъ извѣстныхъ металлоидовъ вовсе не доказываетъ, что этихъ веществъ нѣтъ на солнцѣ. Далѣе затѣмъ на солнцѣ не найдено слѣдующихъ рѣдкихъ элементовъ: галлія, рубидія, рутенія, палладія, индія, цезія, дидимія, самарія и гадолинія. Если имѣть въ виду вполнѣ позволительное предположеніе, что эти элементы должны встрѣчаться на солнцѣ очень рѣдко и что поэтому открыть ихъ весьма не легко, мы не станемъ удивляться, что мы ихъ тамъ не находимъ.

Затѣмъ на элементѣ съ атомнымъ вѣсомъ 165 списокъ солнечныхъ элементовъ сразу обрывается; исключеніе составляютъ только уранъ

и свинецъ. О спектрѣ урана можно говорить только предположительно, что же касается до спектра тяжелаго свинца, то присутствіе этого металла требуетъ объясненія. Что спектроскопъ не обнаруживаетъ присутствія другихъ тяжелыхъ элементовъ, — кромѣ свинца, всѣхъ такихъ металловъ тринадцать, въ числѣ ихъ имѣются такіе далеко не рѣдкіе элементы, какъ платина, золото, ртуть и висмутъ, — объясняется тѣмъ, что въ солнечной атмосферѣ они составляютъ нижніе ея слои, которыхъ мы изслѣдовать уже не въ состояніи.

Свинецъ можетъ занять такое исключительное положеніе лишь въ томъ случаѣ, если бы оказалось, что въ газообразномъ состояніи онъ, какъ и ртуть, вѣситъ въ два раза легче, чѣмъ можно было бы предположить, исходя изъ его атомнаго вѣса, то есть, что онъ также представляетъ собой газъ, состоящій изъ отдѣльныхъ атомовъ; такимъ образомъ, пары свинца были бы даже легче паровъ серебра, которые на солнцѣ наблюдать удалось. По плотности пара тяжелыхъ металловъ за исключеніемъ плотностей пара ртути и кадмія, до сихъ поръ опредѣлить не удалось. Объясняется это тѣмъ, что мы ихъ съ большимъ трудомъ расплавляемъ, объ обращеніи же ихъ въ парообразное состояніе при нашихъ средствахъ почти нечего и говорить. Поэтому, если свинецъ въ парообразномъ состояніи дѣйствительно представляетъ собой одноатомный газъ, то это дѣлаетъ его еще больше похожимъ на ртуть, къ которой онъ и безъ того близокъ по своей легкоплавкости при высокомъ атомномъ вѣсѣ и по нѣкоторымъ другимъ химическимъ свойствамъ.

Если всѣ эти предположенія правильны, то тѣмъ болѣе должно насъ удивлять, что до сихъ поръ не открыта спектроскопическимъ путемъ на солнцѣ ртуть, спектръ которой содержитъ много яркихъ и вполнѣ замѣтныхъ линій и которая въ парообразномъ состояніи, при допущеніи правильности указанныхъ выше соображеній, должна быть еще легче паровъ свинца. Но мы придемъ къ полному согласію съ данными спектроскопіи солнечнаго диска, если сдѣлаемъ дальнѣйшія предположенія, если допустимъ, что пары всѣхъ вообще тяжелыхъ металловъ, находящихся на солнцѣ, состоятъ, какъ ртуть и кадмій, изъ отдѣльныхъ атомовъ. Кадмій плавится легче свинца и потому плотность его пара опредѣлить было можно. Если же на солнцѣ всѣ тяжелые металлы, начиная, скажемъ, съ группы свинца, состоятъ изъ отдѣльныхъ атомовъ, то пары этихъ металловъ можно свободно отнести къ группѣ металловъ легкихъ, и пары свинца въ такомъ случаѣ будутъ замыкать своимъ атомныхъ вѣсомъ (103) рядъ элементовъ, входящихъ въ эту группу. Въ самомъ дѣлѣ изслѣдованіями чисто химическаго характера въ послѣднее время удалось установить, что пары всѣхъ металловъ состоятъ изъ отдѣльныхъ атомовъ.

Эти соображенія, опирающіяся на данныя астрономіи и трактующія о вопросахъ химіи, имѣютъ свою особую привлекательность. Они показываютъ до чего широко разрослось въ настоящее время наше знаніе, они показываютъ, какъ успѣхъ какой нибудь одной области знанія требуетъ привлеченія на помощь данныхъ изъ всѣхъ другихъ отраслей его. Овладѣть всѣми этими отраслями отдѣльному человѣку совершенно немыслимо, но построеніе на основаніи данныхъ разныхъ отраслей гипотезъ, на первый взглядъ даже нѣсколько дерзкихъ, должно непремѣнно сопровождаться успѣхомъ, потому что такого рода гипотезы раскрываютъ передъ спеціалистомъ горизонты, которые позволяютъ ему различить, обнять въ интересующей его области новыя, до того недоступныя стороны; само собой разумѣется, что повѣрка этихъ идей опытнымъ путемъ можетъ показать несостоятельность нѣкоторыхъ изъ нихъ.

Изъ отдѣльныхъ атомовъ могутъ состоять и пары іода; обстоятельства, при которыхъ іодъ пріобрѣтаетъ этого рода свойство, представляютъ для насъ интересъ, въ виду того, что они проливаютъ свѣтъ на природу другихъ перечисленныхъ нами элементовъ, также состоящихъ изъ отдѣльныхъ атомовъ. Испаряется іодъ при 176⁰. При температурахъ, нѣсколько болѣе низкихъ пары его обладаютъ совершенно нормальными свойствами и молекулы его состоятъ изъ двухъ атомовъ. Но при повышеніи температуры онъ начинаетъ отступать отъ закона Маріотта, изъ котораго вытекаетъ, что каждый газъ, въ

зависимости, конечно, отъ своей „газовой постоянной“, расширяется совершенно равномѣрно и пропорціонально температурѣ. Но пары іода до извѣстной температуры расширяются быстрѣе другихъ газовъ, а затѣмъ снова слѣдуютъ общему для нихъ закону. Эта особенность является результатомъ диссоціаціи его молекулъ J_2, состоящихъ изъ двухъ атомовъ, на отдѣльные составляющіе ее атомы $J+J$. По мѣрѣ возрастанія температуры, возрастаетъ и число отдѣльныхъ диссоціирующихъ атомовъ, перемѣшивающихся съ нераздѣленными еще парами атомовъ; но каждый изъ отдѣлившихся атомовъ J занимаетъ совершенно столько же мѣста, сколько до того занимала молекула J_2, а потому плотность пара должна все болѣе и болѣе уменьшаться до тѣхъ поръ, пока не будутъ расщеплены всѣ молекулы; тогда плотность пара, по сравненію съ начальной, будетъ въ два раза меньшей. Съ этого момента пары начинаютъ расширяться снова въ соотвѣтствіи съ закономъ Бойль-Маріотта. Измѣреніе подтверждаетъ правильность этого объясненія поражающаго въ первую минуту отклоненія отъ общаго для всѣхъ другихъ газовъ закона. Это расщепленіе молекулъ на атомы является несомнѣннымъ слѣдствіемъ повышенія температуры.

Но вліяніе температуры на явленія диссоціаціи и соединенія атомовъ въ газахъ носитъ далеко не простой характеръ, какъ этого при нашихъ представленіяхъ объ этихъ процессахъ и слѣдовало ожидать. Вблизи абсолютнаго нуля невозможны ни соединенія атомовъ въ молекулы, ни раздѣленія молекулъ на атомы; если тутъ эти явленія и совершаются, то въ очень и очень слабой формѣ. При возрастаніи температуры, увеличивается прежде всего способность матеріи вступать въ соединенія; объясняется это увеличеніемъ подвижности мельчайшихъ ея частей, которыя въ этомъ случаѣ могутъ скорѣе встрѣтить другъ друга. Если же при возрастаніи температуры скорость свободно перемѣщающихся газообразныхъ молекулъ увеличится очень сильно, то удары ихъ другъ о друга усилятся настолько, что связь между атомами, составляющими молекулу, находящимися въ равновѣсіи неустойчивомъ, распадется; молекулы, которыя послѣ цѣлаго ряда ударовъ будутъ не прочнѣе карточнаго домика, расщепятся на составныя части. Чѣмъ молекулы больше, тѣмъ сильнѣе должны быть удары, могущіе способствовать ихъ разрушенію, ихъ моментъ инерціи увеличивается. Начиная съ извѣстныхъ температуръ, въ соединеніи могутъ оставаться нераздѣленными все меньшія и меньшія скопленія атомовъ, то есть все болѣе и болѣе простыя группы, пока, наконецъ, молекулы, составленныя каждая изъ 2 атомовъ, не распадутся на отдѣльные атомы.

Въ этомъ отношеніи совершенно особенными свойствами обладаютъ тщательно изслѣдованные Рикке (Riecke) сѣрные пары. Плотность паровъ сѣры, подобно плотности парообразнаго іода, по мѣрѣ возвышенія температуры, значительно уменьшается; но величина ея указываетъ, что вблизи точки кипѣнія сѣра слагается не изъ молекулъ, состоящихъ изъ двухъ атомовъ, а изъ молекулъ гораздо болѣе сложныхъ. Рикке полагаетъ, что эти молекулы имѣютъ видъ S_8. При повышеніи температуры такія молекулы раскалываются, по всей вѣроятности, на S_6+S_2, благодаря чему соотвѣтственно уменьшается плотность пара. Отъ шести атомовъ молекулъ при возрастаніи температуры отщепляется все больше и больше молекулъ, содержащихъ въ себѣ только два атома, наконецъ, при извѣстной высотѣ предѣльной температуры всѣ молекулы будутъ состоятъ только изъ двухъ атомовъ. Отсюда мы видимъ, что матерія претерпѣваетъ своего рода плавленіе, еще находясь въ газообразномъ состояніи: частицы, отрывающіяся отъ жидкости, становятся при этомъ все меньше и меньше, а матерія занимаетъ все большее и большее пространство.

Въ виду всего сказаннаго, можно не сомнѣваясь утверждать, что при достаточно высокой температурѣ любое вещество въ газообразномъ состояніи распадается на отдѣльные атомы, а потому всѣ наши предположенія относительно того вида, какой имѣютъ элементы, когда находятся на солнцѣ, были вполнѣ основательны. Если же мы обратимся къ нашимъ преж-

нимъ соображеніямъ, согласно которымъ должны расщепляться и эти атомы, то на небесныхъ свѣтилахъ мы должны предположить, при температурахъ, значительно превышающихъ температуру нашего солнца, наличность такихъ процессовъ, о которыхъ мы не имѣемъ рѣшительно никакихъ свѣдѣній. Одно можно сказать, — и это несомнѣнно, — что наше солнце не принадлежитъ къ числу наиболѣе раскаленныхъ небесныхъ свѣтилъ. Солнечный свѣтъ желтоватъ, а между тѣмъ есть звѣзды совершенно бѣлыя и даже синеватыя, и весь характеръ ихъ спектровъ говоритъ о томъ, что на нихъ имѣютъ мѣсто очень высокія температуры (см. другое сочиненіе автора этой книги — „Мірозданіе").

При простомъ смѣшеніи двухъ газовъ, атомы которыхъ обладаютъ сильнымъ сродствомъ по отношенію другъ къ другу, напримѣръ, при смѣшеніи такихъ газовъ, какъ кислородъ и водородъ, никакого соединенія сразу не получается; надо предварительно довести смѣсь, или хотя бы даже самую малую часть смѣси, до извѣстной вполнѣ опредѣленной температуры, тогда образуется соединеніе въ нѣкоторыхъ случаяхъ, какъ, напримѣръ, въ часто упоминаемомъ нами случаѣ съ H и O, сопровождающееся сильнымъ взрызомъ. Въ другихъ случаяхъ, какъ, напримѣръ, для воспламененія твердыхъ взрывчатыхъ веществъ, необходимая начальная теплота, наоборотъ, идетъ на то, чтобы произвести разрушеніе имѣющихся тутъ молекулъ, построенныхъ, по большей части, чрезвычайно искусственно. Какъ же объяснить себѣ это кажущееся противорѣчіе въ дѣйствіи тепла.

Взрывъ твердаго тѣла, основывающійся на разрушеніи его молекулъ, на основаніи всего того, что было сказано раньше, мы можемъ представить себѣ безъ труда. Эти взрывчатыя вещества представляютъ изъ себя, по большей части, углеводородистыя соединенія сложной структуры; вслѣдствіе химической способности углерода къ образованію разнородныхъ соединеній и его недѣятельности, соединенія эти напоминаютъ собой тѣ постройки изъ предметовъ, которые нагромождаютъ одинъ на другой жонглеры; какъ тутъ, такъ и тамъ равновѣсіе крайне неустойчиво. Стоитъ только удару, обусловленному высокой температурой или механическимъ сотрясеніемъ, разрушить только одну молекулу, какъ она тотчасъ увлечетъ за собой и всѣ остальныя: ея освобожденные атомы, согласно закону Авогадро, займутъ объемъ по большей части, въ тысячи разъ большій, по сравненію съ прежнимъ, и потому сообщатъ окружающимъ молекуламъ толчекъ гораздо болѣе сильный, чѣмъ тотъ, который разрушилъ первую молекулу. Взрывъ распространяется поэтому съ огромной скоростью, значительно превышающей скорость распространенія звука въ соотвѣтственномъ газѣ. При взрывахъ смѣси газовъ, скорость распространенія взрыва въ общемъ одна и та же, каковъ бы ни былъ химическій составъ смѣси: мы встрѣчаемъ здѣсь, какъ и въ другихъ случаяхъ, въ газахъ то единообразіе, которое является результатомъ общности для нихъ закона Бойль-Маріотта. Скорость эта, по опредѣленіямъ Бертело и Диксона, тщательно изучившихъ самыя сильныя взрывчатыя вещества въ рядѣ удивительно проведенныхъ чрезвычайно опасныхъ опытовъ, колеблется между 2500 и 2800 м. въ секунду. Что касается твердыхъ взрывчатыхъ веществъ, то тутъ скорость эта возрастаетъ еще больше; такъ, напримѣръ, въ нитроманнитѣ мы имѣемъ вещество, для котораго эта скорость доходитъ до огромной величины, до 7700 м. въ секунду. Этой скорости хватило бы для того, чтобы вывести какое-нибудь тѣло изъ поля земного притяженія, то есть для того, чтобы бомбардировать другія небесныя свѣтила. Та же скорость для пикриновой кислоты равна 6500 м., для пироксилина 5400 м., для динамита 2500 м. Давленіе, производимое освобождающимися при взрывѣ атомами этихъ веществъ на стѣнки закрытаго помѣщенія никакъ не меньше 10000 кгр. на каждый квадратный сантиметръ. Само собой разумѣется, что ни одно изъ имѣющихся на землѣ веществъ не въ состояніи выдержать того напора, какой производятъ освобождающіеся атомы, стремясь занять объемъ, опредѣляемый законами Бойль-Маріотта и Гей-Люссака. Это лишній разъ показываетъ намъ, какая огромная сила кроется въ атомахъ, представляющихъ послѣднюю причину всѣхъ процессовъ, совершающихся въ природѣ.

Однороднымъ явленіемъ со взрывомъ будетъ процессъ горѣнія. Только въ этомъ случаѣ явленіе протекаетъ медленнѣе, потому что тѣ соединенія, съ которыми тутъ приходится имѣть дѣло, построены не такъ неустойчиво, какъ взрывчатыя вещества; они распадаются медленнѣе, а, кромѣ того, благодаря большей простотѣ молекулярнаго состава, тутъ получается не столь сильное увеличеніе объема. Тѣмъ не менѣе, для того, чтобы процессъ могъ начаться и здѣсь, необходимо сообщеніе нѣкотораго количества тепла сжигаемому веществу; разъ процессъ начался, онъ передается, какъ при взрывахъ, отъ частицы къ частицѣ, будучи однако ограниченъ опредѣленной температурой, зависящей отъ внѣшней температуры, отъ теплоты, получающейся при сгараніи, и отъ температуры кипѣнія сгарающаго соединенія.

Какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаѣ, то есть при взрывѣ и при болѣе медленномъ сгараніи, освобождается извѣстное количество тепла, до того связанное съ атомами. На этомъ основаніи говорятъ объ экономическомъ коэффиціентѣ тепла. Такъ, напримѣръ, килограммъ дерева при полномъ сгараніи даетъ около 4000 калорій. Такъ какъ тутъ этотъ процессъ протекаетъ медленно, то освобождающуюся теплоту можно легко сообщить окружающимъ предметамъ, то есть ихъ можно нагрѣть. При взрывѣ теплоты развивается гораздо больше. При разложеніи грамма нитроманнита получается 1400 калорій, то есть въ 350 разъ больше, чѣмъ при сгараніи дерева. Но это тепло сразу распредѣляется въ большомъ объемѣ, и поэтому воспользоваться имъ нельзя; въ данномъ случаѣ извлекаютъ пользу только изъ сопровождающаго это выдѣленіе тепла сильнаго расширенія.

Общее положеніе, выражающееся въ томъ, что разрушить что-нибудь гораздо легче, чѣмъ вновь возстановить разрушенное, оправдывается и въ данномъ частномъ случаѣ: существуетъ цѣлый рядъ соединеній, соединеній взрывчатыхъ, которыхъ послѣ взрыва, идя обратнымъ путемъ, уже вновь образовать нельзя. При диссоціаціи же настоящей, обусловленной только дѣйствіемъ тепла, это вполнѣ возможно. Молекулы іода, расщепленныя на составныя части дѣйствіемъ тепла, снова слагаются изъ атомовъ; для этого надо только отнять отъ газа то или иное количество тепла. Точно такое же возстановленіе молекулъ въ ихъ первоначальномъ видѣ мы можемъ наблюдать вездѣ, гдѣ расщепленіе ихъ идетъ рука объ руку съ притокомъ тепла. При взрывѣ, тепло, обусловливающее воспламененіе, служитъ только первымъ толчкомъ. Разложеніе происходитъ тутъ вовсе не потому, что непрестанно притекаетъ энергія, соотвѣтствующая повышенію температуры, необходимому для воспламененія; тотъ огромный запасъ энергіи, который освобождается при взрывахъ, получается тутъ инымъ путемъ; и, уводя тепло, мы не можемъ перевести его вновь въ связанное состояніе.

Совершенно иную картину мы видимъ при тѣхъ взрывахъ или при томъ бурно протекающемъ сгараніи, которое имѣетъ своимъ результатомъ не разложеніе вещества, а образованіе новаго соединенія, примѣромъ чему можетъ служить взрывъ гремучаго газа. Сильная жадность кислорода ко всѣмъ почти остальнымъ элементамъ проявляется, лишь начиная съ нѣкоторой опредѣленной температуры, температуры, для различныхъ веществъ неодинаковой, но въ большинствѣ случаевъ значительно превышающей обыкновенную (температура воспламененія или окисленія). Только нѣкоторыя вещества самовозгараются. Необходимость нѣкотораго притока тепла въ началѣ процесса обусловливается, если искать внутренней причины, тѣмъ, что молекулы, которыя должны распасться при ударѣ другъ о друга на отдѣльные атомы газа, въ виду этого не могутъ обойтись безъ нѣкотораго запаса энергіи, обусловливающей ихъ движенія; а между тѣмъ только эти отдѣльные атомы и образуютъ новыя соединенія, только они одни являются носителями необходимыхъ для этого свободныхъ единицъ сродства. Это расщепленіе происходитъ только въ небольшомъ числѣ молекулъ, выдѣляющихъ самостоятельно, какъ при разсмотрѣнныхъ уже нами процессахъ взрыва, необходимое для дальнѣйшаго теченія процесса количество тепла. Только въ этомъ случаѣ и можетъ наступить соединеніе въ гремучемъ газѣ составляю-

щихъ его O и H и образованіе изъ нихъ воды, сопровождающееся извѣстнымъ намъ сильнымъ взрывомъ. Но температура, при которой происходитъ взрывъ гремучаго газа, имѣетъ высшій предѣлъ: такимъ предѣломъ является температура диссоціаціи этихъ газовъ. Вода, падающая на раскаленную стальную пластинку, превращается въ гремучій газъ. На солнцѣ оба эти газа, H и O, находятся вмѣстѣ, будучи въ то же время нагрѣты до очень высокихъ температуръ. Если бы мы стали очень медленно охлаждать сильно нагрѣтый гремучій газъ, то вода образовалась бы также очень медленно Поэтому неправы тѣ, кто думаетъ, что при охлажденіи тѣхъ небесныхъ тѣлъ, на которыхъ имѣются оба эти элемента въ газообразномъ состояніи, образованіе изъ нихъ воды грозило бы этимъ свѣтиламъ какою-нибудь катастрофой.

Уменьшеніе способности кислорода вступать въ реакцію при пониженіи температуры особенно ярко видно на слѣдующемъ опытѣ, придуманномъ Раулемъ Пикте. Мы уже знаемъ, что натрій, брошенный на воду, загарается (см. стр. 412). Его сродство къ кислороду сильнѣе сродства водорода къ кислороду, и потому водородъ вытѣсняется натріемъ изъ воды, несмотря на всю прочность этого соединенія. Реакція эта принадлежитъ къ числу тѣхъ немногихъ процессовъ окисленія, которые протекаютъ быстро при обыкновенной температурѣ. Реакція эта протекаетъ не такъ бурно, если прибавить къ водѣ спирту, который, будучи разбавленъ водой, остается въ жидкомъ состояніи даже при температурѣ 80°. Если бросить въ этотъ разведенный спиртъ при этой температурѣ натрій, то никакой реакціи мы не увидимъ. По мѣрѣ того, какъ мы станемъ повышать температуру смѣси, мы будемъ замѣчать отдѣльные пузыри освобождающагося водорода, вытѣсняемаго натріемъ; такимъ образомъ при медленномъ нагрѣваніи реакція начинается, но очень тихая. Мы имѣемъ въ этомъ примѣрѣ очевидное доказательство того важнаго вліянія, какое оказываетъ температура на способность химическихъ веществъ вступать въ ту или другую реакцію.

Тѣмъ не менѣе почти нельзя сомнѣваться, что температурныя измѣненія не оказываютъ никакого вліянія на характеръ самого сродства веществъ; они вліяютъ только на скорость реакціи. Повышеніе температуры только ускоряетъ установленіе равновѣсія въ той или другой системѣ разнородныхъ атомовъ, но этотъ процессъ можетъ быть вызванъ иногда образованіемъ новыхъ соединеній, иногда ихъ разложеніемъ, раздѣленіемъ, а, стало быть, диссоціаціей. Если мы имѣемъ смѣсь H и O при обыкновенной температурѣ, то намъ только кажется, что эти вещества не дѣйствуютъ другъ на друга; на самомъ дѣлѣ и въ этомъ случаѣ образуется вода, но такъ медленно, что та реакція, которая при высокой температурѣ требуетъ нѣсколькихъ долей секунды, тутъ потребовала бы, вѣроятно цѣлыхъ столѣтій. Болѣе подробно изслѣдовали эту зависимость отъ температуры Готфейль и Лемуанъ (Hautefeuille et Lemoine); они брали смѣсь іода съ водородомъ. Они нашли, что при обыкновенной температурѣ эти элементы какъ будто не соединяются совсѣмъ. При температурѣ 250° эта реакція продолжается нѣсколько мѣсяцевъ; въ концѣ концовъ, изъ $H_2 + I_2$ получалось соединеніе вида $2HI$; при температурѣ 350° образованіе новаго вещества требовало нѣсколькихъ дней, при 450° — протекало въ нѣсколько часовъ, а при болѣе высокихъ температурахъ все быстрѣе и быстрѣе, доходя, наконецъ, до бурной реакціи.

Эти факты для насъ совершенно понятны, потому характеръ сродства одного вещества къ другому опредѣляется, согласно нашимъ воззрѣніямъ, ихъ собственными свойствами (величиной молекулъ, атомностью), а степень проявленія этого сродства зависитъ отъ скорости мельчайшихъ частицъ ихъ, встрѣчающихся между собой, то есть отъ температуры. Наблюденіе только подтверждаетъ наши соображенія. Но столкновеніе цѣлаго ряда молекулъ происходитъ и при обыкновенной температурѣ и, если это только допускается самимъ характеромъ веществъ, соединенія могутъ образовываться и въ этомъ случаѣ; разумѣется, молекулы будутъ встрѣчаться тѣмъ рѣже, и столкновенія ихъ будутъ тѣмъ слабѣе, чѣмъ ниже эта температура.

Такимъ образомъ и въ тѣхъ далекихъ небесныхъ туманностяхъ, гдѣ водородъ, азотъ и еще неизвѣстный намъ газъ занимаютъ огромныя пространства, мельчайшія частицы этихъ газовъ, какова бы ни была тамъ температура, непремѣнно встрѣчаются другъ съ другомъ, непремѣнно образуютъ новыя и новыя соединенія. Занимаемое этими соединеніями мѣсто, какъ того требуетъ законъ Авогадро, будетъ меньше, чѣмъ раньше, когда были только одни простые газы, и это сжатіе является первой причиной, опредѣляющей дальнѣйшій поступательный ходъ образованія вселенной.

Но, по отстаиваемымъ нами воззрѣніямъ, между этимъ случаемъ и страшнымъ столкновеніемъ двухъ небесныхъ свѣтилъ, которымъ, какъ мы думаемъ, объясняется внезапное появленіе новыхъ звѣздъ, или встрѣчей большого свѣтила съ тучей малыхъ тѣлъ, которыя оно съ собой увлекаетъ (Зеелигеръ), принципіальнаго отличія нѣтъ. Во всѣхъ этихъ случаяхъ, вмѣсто нѣсколькихъ небольшихъ, получается одно большое тѣло; тутъ происходитъ точно такое же соединеніе частей матеріи, какое имѣетъ мѣсто при образованіи всѣхъ химическихъ соединеній; какъ здѣсь, такъ и тамъ, этотъ процессъ сопровождается выдѣленіемъ теплоты.

Замѣчательно то, что почти всѣ новыя звѣзды появляются по близости отъ млечнаго пути, то есть тамъ, гдѣ особенно скучены другія свѣтила. Если допустить, что появленіе новыхъ звѣздъ объясняется столкновеніемъ небесныхъ свѣтилъ, то становится понятнымъ, почему онѣ должны образовываться именно въ этомъ мѣстѣ неба. Равнымъ образомъ, въ болѣе плотныхъ химическихъ веществахъ столкновенія частицъ должны происходить чаще, и скорость реакціи соединенія должна быть больше, чѣмъ въ веществахъ менѣе плотныхъ. Такъ что съ повышеніемъ давленія и съ увеличеніемъ плотности способность газовъ вступать въ реакціи должна возрастать; наибольшей способностью въ этомъ отношеніи обладаютъ жидкости, и, увеличивая давленіе, мы можемъ перевести газъ при температурахъ низшихъ, нежели его критическая температура, въ такое жидкое состояніе.

Теперь какъ нельзя кстати будетъ упомянуть о цѣлой группѣ своеобразныхъ явленій, играющихъ въ химическихъ процессахъ, совершающихся въ живыхъ организмахъ, чрезвычайно важную роль; о природѣ ихъ мы тѣмъ не менѣе знаемъ очень мало. Они извѣстны подъ общимъ названіемъ катализа. Лишь въ сравнительно недавнее время они стали предметомъ болѣе глубокаго изученія; Оствальдъ, выдающійся авторитетъ въ области теоретической химіи въ Лейпцигѣ и рядъ его молодыхъ учениковъ занялись изслѣдованіемъ этихъ удивительныхъ процессовъ. Приведемъ изъ сообщенія Оствальда по этому вопросу, сдѣланнаго имъ на гамбургскомъ съѣздѣ естествоиспытателей въ 1901 г., слѣдующія соображенія:

Подъ катализомъ подразумѣваютъ такого рода дѣйствія, которыя ускоряютъ теченіе химическаго, но не физическаго процесса, напримѣръ, теченіе процесса кристаллизаціи, только фактомъ присутствія такого дѣйствующаго вещества; въ конечный продуктъ реакціи это вещество отъ себя ничего не вноситъ и ничего въ немъ не измѣняетъ.

Съ этой точки зрѣнія, какъ каталитическій процессъ, можно разсматривать ускореніе акта кристаллизаціи пересыщенныхъ растворовъ путемъ введенія въ нихъ незначительнаго количества того вещества, которое содержится въ растворѣ, но только въ твердомъ видѣ; можно вводить въ растворъ не только непремѣнно однородное съ растворенным веществомъ, можно ввести и „изоморфное" тѣло. Оствальдъ показалъ, что для выполненія такого дѣйствія достаточно билліонной доли грамма вещества. Но въ то же время вещество, кристаллизующееся въ другихъ формахъ не дѣйствуетъ, даже если ввести большое количество его. Такимъ образомъ характернымъ признакомъ каталитическихъ процессовъ является то обстоятельство, что дѣйствіе вещества не зависитъ отъ количества дѣйствующаго вещества. Тутъ, какъ и вездѣ въ природѣ, въ полной силѣ положеніе, гласящее, что каждое вещество присоединяется къ веществу съ нимъ однородному. Надо полагать, что въ живыхъ организмахъ въ опредѣлен-

ныхъ мѣстахъ выдѣляются всегда одни и тѣ же вещества, что въ различныхъ частяхъ его выдѣляются всегда неодинаковыя вещества, въ соотвѣтствіи съ тѣмъ, что выдѣлялось въ этой части организма раньше; изъ одинаковыхъ зародышей получаются всегда одни и тѣ же организмы.

Къ явленіямъ каталитическимъ относятся также и взрывы разныхъ смѣсей, нагрѣваніе которыхъ необходимо только для того, чтобы процессъ могъ начаться; примѣромъ такого рода можетъ опять послужить намъ все тотъ же гремучій газъ. Но не слѣдуетъ забывать, что, съ теоретической точки зрѣнія, всѣ такіе каталитическіе процессы являются только ускоряющимъ началомъ, что разсматриваемыя реакціи произошли бы и безъ катализующихъ веществъ, но только по истеченіи очень большихъ промежутковъ времени.

Этого рода процессы сгаранія могутъ происходить, какъ извѣстно, подъ вліяніемъ такихъ веществъ, которыя, какъ губчатая платина или, что еще лучше, какъ „платина коллоидальная“, могутъ собирать и сильно сгущать въ себѣ газы. Исходя изъ этихъ случаевъ, мы въ правѣ предположить, что во многихъ каталитическихъ процессахъ, въ которыхъ распаденіе соединенія на два вещества или образованіе новаго вещества изъ двухъ данныхъ, обусловлено только присутствіемъ третьяго вещества; это третье вещество мало-по-малу проводитъ черезъ свою толщу два первыхъ и при этомъ соотвѣтственнымъ образомъ сгущаетъ ихъ въ своихъ порахъ. Такимъ путемъ образуется изъ сѣрнистой кислоты сѣрная въ присутствіи кислорода воздуха. Надо думать, что во время такихъ процессовъ образуются нѣкоторые промежуточные продукты, обладающіе этими каталитическими свойствами и тотчасъ же, по выполненіи своего назначенія, распадающіяся.

Наиболѣе интересной и важной группой каталитическихъ веществъ являются такъ называемые ферменты, возбудители броженія, бродила, безъ которыхъ не протекаетъ въ живомъ организмѣ почти ни одинъ химическій процессъ. Въ процессахъ пищеваренія, въ различныхъ функціяхъ крови они обусловливаютъ всѣ химическія превращенія. Необходимый для животнаго организма процессъ сгаранія, дающій этимъ физіологическимъ машинамъ то или иное количество энергіи, при обычномъ теченіи этого химическаго превращенія былъ бы тутъ или происходилъ бы чрезвычайно медленно: кислородъ при температурахъ животнаго организма или окружающей его среды соединяется съ другими веществами чрезвычайно медленно. Поэтому ускоряющее дѣйствіе ферментовъ является по истинѣ тайной всѣхъ жизненныхъ процессовъ; раскрыть которую можетъ лишь дальнѣйшее изученіе этихъ каталитическихъ явленій.

Катализу суждена въ будущемъ немаловажная роль и въ технологіи, гдѣ, какъ справедливо замѣтилъ Оствальдъ, время также деньги; ускореніе химическихъ процессовъ, не требующее затраты внѣшней энергіи, обѣщаетъ большую экономію въ производствѣ. При искусственномъ образованіи индиго примѣненіе этихъ процессовъ ознаменовалось большимъ успѣхомъ нѣмецкой прикладной химіи.

Уже въ главѣ о теплотѣ (стр. 161) мы видѣли, что при высокихъ давленіяхъ законъ, управляющій измѣненіями газовъ, теряетъ свою точность, и потому нуждается въ поправкахъ; такого рода поправки предложены Ванъ-деръ-Ваальсомъ; при болѣе подробномъ опытномъ изслѣдованіи формулы Ванъ-деръ-Ваальса оказалось, что она блестящимъ образомъ подтверждаетъ воззрѣнія, на которыхъ зиждется и самъ основной законъ газовъ. Разсмотримъ теперь этотъ законъ болѣе подробно.

Законъ Бойль-Маріотта въ его неисправленномъ видѣ выражается, какъ извѣстно, простой формулой $pv = RT$, гдѣ p представляетъ собой давленіе, v — объемъ, T — абсолютную температуру газа, а R — ту постоянную, которая у насъ встрѣчалась уже не разъ. При выводѣ этой формулы предполагалось, что колеблющіяся взадъ и впередъ молекулы могутъ совершать свои колебанія на всемъ протяженіи сосуда, въ которомъ заключенъ газъ. Но это предположеніе правильно лишь въ томъ случаѣ, когда объемъ, занимаемый совокупностью молекулъ какъ таковыхъ, по отношенію къ объему сосуда, въ которомъ онѣ находятся,

является чрезвычайно малымъ. По мѣрѣ того, какъ число молекулъ въ данномъ объемѣ увеличивается, что обусловливается возрастаніемъ давленія, увеличивается и отношеніе занятаго собственно ими объема къ тому пространству, въ которомъ онѣ могутъ свободно перемѣщаться. Такимъ образомъ молекулы будутъ сталкиваться гораздо чаще, чѣмъ того требуетъ теорія, и это частное увеличеніе давленія (мы говоримъ давленія, потому что давленіе является прямымъ слѣдствіемъ ударовъ молекулъ о стѣнки сосуда) должно стоять въ извѣстной зависимости отъ величины самихъ молекулъ: это увеличеніе является результатомъ именно того, что въ сосудъ введены новыя молекулы. Вслѣдствіе этого Ванъ-деръ-Ваальсъ ввелъ въ формулу, выражающую разсматриваемый нами законъ, прежде всего поправочный членъ b, зависящій отъ величины молекулярнаго объема. Но въ данномъ вопросѣ есть еще и другая сторона. При примѣненіи давленій обыкновенныхъ мы въ правѣ предполагать, что молекулы газа не оказываютъ другъ на друга никакого вліянія и что во всякомъ случаѣ онѣ другъ друга не притягиваютъ,—для этого слишкомъ велико раздѣляющее ихъ разстояніе. Но при уменьшеніи этого разстоянія, что бываетъ при возрастаніи давленія, предположеніе это уже ничѣмъ не оправдывается. Поэтому Ванъ-деръ-Ваальсъ долженъ былъ ввести еще одинъ поправочный членъ а, зависящій отъ величины этого притяженія. Но поправка, вносимая этимъ членомъ, носитъ характеръ обратный по сравненію съ поправкой, представляемой членомъ b, потому что внутреннее притяженіе уменьшаетъ свободу перемѣщенія молекулъ, а, стало быть, уменьшаетъ и давленіе, производимое ими на стѣнки сосуда. Въ силу сказаннаго законъ Бойль-Маріотта въ исправленномъ видѣ (формул Ванъ-деръ-Ваальса) будетъ имѣть слѣдующій видъ: $\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT$. Эта формула должна замѣнить собой прежнюю: $pv = RT$. Свойства газовъ, которыя при обыкновенныхъ условіяхъ отъ химическаго состава газовъ совершенно не зависятъ при повышеніи давленія становятся отъ него въ зависимость. Изслѣдованіе различныхъ газовъ при такого рода анормальныхъ условіяхъ позволяетъ опредѣлить поправочные члены опытнымъ путемъ; благодаря этому, мы можемъ измѣрить величину молекулы, не только относительно, мы можемъ получить абсолютное значеніе величины молекулы, выразивъ ее, скажемъ, въ доляхъ метра. Величины молекулъ, получающіяся изъ этого уравненія уже приведены нами на стр. 109.

Если притяженіе молекулъ другъ къ другу по существу ничѣмъ не отличается отъ всемірнаго тяготѣнія, то молекулы, попадающія въ область взаимнаго ихъ притяженія, должны были бы стремиться соединиться, перемѣщаясь при этомъ съ все болѣе и болѣе возрастающими скоростями. На самомъ дѣлѣ этого не бываетъ: непреодолимымъ препятствіемъ является поправка на объемъ b. Это b равно не просто объему молекулы,—оно равно, какъ показываютъ дальнѣйшія теоретическія соображенія, учетверенному объему ея. Препятствіе къ дальнѣйшему сближенію, о которомъ мы только что говорили, не будетъ, однако, сводиться къ тому, что молекулы, въ концѣ концовъ, расположатся такъ близко другъ отъ друга, что ближе уже придвинуться не могутъ: между молекулами всегда будетъ оставаться промежутокъ, равный, по крайней мѣрѣ, двойному ихъ діаметру, въ какомъ бы направленіи мы ни смотрѣли. Этимъ раздѣльнымъ положеніемъ въ пространствѣ молекулы обязаны исключительно своимъ тепловымъ колебаніямъ. Эта отдѣленность молекулъ дѣлаетъ возможной всѣ остальныя ихъ дѣйствія; не будь этого, вся матерія при наличности ничѣмъ не ограниченнаго притяженія превратилась бы въ отдѣльныя неподвижныя комья. Такимъ образомъ и въ этомъ случаѣ охраняющей и регулирующей силой является все та же теплота.

Уже въ главѣ о теплотѣ (стр. 161) намъ пришлось отмѣтить, что однимъ повышеніемъ давленія нельзя превратить газъ въ жидкое состояніе; какими бы давленіями мы ни пользовались, газъ будетъ оставаться газомъ до тѣхъ поръ, пока температура его не понизится до извѣстнаго, для каждаго газа вполнѣ опредѣленнаго, числа градусовъ. Тутъ опять сказывается вліяніе отмѣченныхъ

нами условій. При пониженіи температуры ослабѣваютъ колебанія, ставящія предѣлъ притяженію молекулъ, и, наконецъ, молекулы сгруппировываются такъ, какъ того требуетъ жидкое состояніе вещества. Температурныя колебанія молекулъ располагаютъ большей силой, чѣмъ тѣ давленія, какія мы можемъ приложить извнѣ; побороть эти колебанія молекулъ могутъ только другія молекулярныя силы.

Та температура, при которой, при томъ или другомъ опредѣленномъ давленіи, ожиженіе газа становится уже возможнымъ, носитъ, какъ мы сказали, названіе критической температуры, соотвѣтственное же давленіе называется критическимъ давленіемъ. Соображенія, высказанныя нами раньше, позволяютъ сразу понять, что эта критическая температура должна зависѣть отъ свойствъ молекулъ: то минимальное разстояніе, которое непремѣнно должно оставаться между молекулами вещества, до тѣхъ поръ, пока это вещество газообразно, стоитъ въ зависимости отъ величины этихъ молекулъ; оно въ четыре раза больше молекулы. Эта связь между „критическими числами" и величиной и составомъ молекулъ, выведенная на основаніи теоретическихъ соображеній, вполнѣ подтверждается всѣми опытными данными. Правда, число элементовъ, могущихъ быть полученными въ газообразномъ состояніи, невелико, и при изслѣдованіи элементовъ приходится ограничиться только этими элементами, но зато можно подвергнуть изслѣдованію очень большое число соединеній не-газообразныхъ элементовъ; при этомъ оказалось, что критическая температура простыхъ газовъ возрастаетъ прямо пропорціонально величинамъ ихъ атомныхъ вѣсовъ, что вполнѣ согласуется съ нашими воззрѣніями.

Такъ какъ при критическихъ температурахъ приходится имѣть дѣло съ высокими давленіями, то наблюдать критическія температуры труднѣе, чѣмъ обыкновенныя температуры кипѣнія при нормальномъ атмосферномъ давленіи. Между температурами кипѣнія, какъ можно было напередъ предсказать, существуетъ совершенно то же соотношеніе, какъ и между температурами критическими; но первыя, само собой разумѣется, ниже вторыхъ: болѣе высокое давленіе, сближая молекулы веществъ, облегчаетъ переходъ его въ жидкое состояніе. При разборѣ органическихъ соединеній намъ уже не разъ приходилось говорить о закономѣрности въ ходѣ температуръ кипѣнія. Теперь мы приведемъ изъ сочиненія Нернста, на которое намъ неоднократно приходилось ссылаться, еще только слѣдующія данныя относительно законосообразностей въ распредѣленіи точекъ кипѣнія.

При переходѣ въ рядахъ гомологовъ спиртовъ, кислотъ и сложныхъ эѳировъ, отъ соединенія къ соединенію, разнящихся на одну метиловую группу (CH_3), мы наблюдаемъ каждый разъ повышеніе точки кипѣнія на 19—21°, а въ алдегидахъ— на 26—27°. Не такъ отчетливо выступаетъ эта правильность въ повышеніи точки кипѣнія въ томъ случаѣ, когда группа метила присоединяется къ бензойному ядру, но и въ этомъ случаѣ само повышеніе остается, по прежнему, фактомъ несомнѣннымъ.

При замѣнѣ въ органическихъ соединеніяхъ водороднаго атома H какимъ-нибудь галоиднымъ, наприм., атомомъ хлора Cl, соединеніе тотчасъ же теряетъ въ способности перехода въ газообразное состояніе. Такъ, напримѣръ, уксусная кислота CH_3COOH кипитъ при 118°, а соединеніе вида $CH_2ClCOOH$ (хлоруксусная кислота) лишь при 185°. При послѣдующей замѣнѣ водородныхъ атомовъ атомами хлора точка кипѣнія повышается однако лишь незначительно; а именно: $CHCl_2COOH$ кипитъ при 194°, а CCl_3COOH при температурѣ, нѣсколькими градусами высшей.

При замѣнѣ H группой OH, воднымъ остаткомъ, точка кипѣнія повышается приблизительно на сто градусовъ.

b) Жидкія тѣла.

Отклоненія отъ общаго правила приводятъ, какъ всегда бываетъ, когда стоятъ на несомнѣнно правильномъ пути, къ особенно интереснымъ заключе-

ніямъ: къ такого рода интереснымъ выводамъ пришелъ и Вернонъ въ своемъ изслѣдованіи отличительныхъ особенностей молекулярнаго строенія газовъ и жидкостей, съ которыми мы до сихъ поръ мало знакомы. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ наблюдаемая точка кипѣнія той или другой жидкости совершенно расходится съ той температурой, какую слѣдовало бы ожидать, исходя изъ другихъ соединеній элементовъ, подобныхъ данному, и основываясь на томъ, что извѣстное увеличеніе атомнаго вѣса должно, какъ всегда, сопровождаться соотвѣтственнымъ опредѣленнымъ приростомъ величины температуры кипѣнія. Въ большинствѣ приведенныхъ въ дальнѣйшемъ случаевъ мы находимъ, что, при увеличеніи молекулярнаго вѣса вдвое, точка кипѣнія повышается круглымъ счетомъ на сто градусовъ. Такъ, напримѣръ, этиленъ, C_2H_4, кипитъ при—105°, бутиленъ, C_4H_8, при—5°, октиленъ, C_8H_{16} при + 126°, а $C_{16}H_{32}$ при + 274. Сѣрнистый водородъ, H_2S, молекулярный вѣсъ котораго равняется $2 + 32 = 34$, кипитъ при—62°. Вѣсъ молекулы воды, H_2O, $2 + 16$ равенъ 18, то есть приблизительно только половинѣ вѣса молекулы сѣроводорода, въ которомъ для полученія воды достаточно замѣнить S на O. Итакъ, по нашему правилу послѣдовательности точекъ кипѣнія, вода должна была бы кипѣть при температурѣ болѣе низкой, нежели сѣроводородъ, и во всякомъ случаѣ при температурѣ, лежащей ниже—100°. Но вмѣсто этого вода закипаетъ лишь при 100°, то есть при температурѣ, лежащей выше той, какой слѣдовало бы ожидать, по меньшей мѣрѣ, на 200°. Такое существенное отклоненіе отъ общаго правила мы встрѣчаемъ именно тутъ, въ этой наиболѣе характерной изъ всѣхъ жидкостей. Верновъ объясняетъ этотъ фактъ тѣмъ, что въ подобнаго рода жидкостяхъ молекулы въ свою очередь вступаютъ другъ съ другомъ въ соединеніе и указываетъ, что въ силу этого молекулу воды надо писать не въ видѣ H_2O, а въ видѣ $(H_2O)_4$; другими словами, по его представленію четыре молекулы пара соединяются тутъ въ одну молекулу жидкости. Для того, чтобы жидкость могла испариться, необходимо предварительно, чтобы эти соединенія молекулъ распались, что можетъ быть достигнуто только повышеніемъ температуры, а это влечетъ за собой непомѣрное повышеніе температуры кипѣнія. Такого рода особенностями отличаются, кромѣ воды, еще и другія вещества: такъ, напримѣръ, среди водородныхъ соединеній галоидовъ особое мѣсто въ этомъ отношеніи занимаетъ фтористый водородъ.

Цѣлый рядъ самыхъ разнообразныхъ явленій подтвердилъ нашъ прежній выводъ, онъ показалъ, что, по мѣрѣ пониженія температуры, элементы вступаютъ въ соединенія, все болѣе и болѣе сложныя; къ числу этихъ явленій надо отнести и факты, только что нами упомянутые. Повышеніе температуры обусловливаетъ все болѣе и болѣе сильное распаденіе этихъ соединеній. Мы видѣли, напримѣръ, что молекулы сѣры даже въ парообразномъ состояніи, представляли собой извѣстныя группы (стр. 509), а въ іодѣ на свободные атомы распадались состоящія изъ двухъ атомовъ молекулы этого газа. При очень высокихъ температурахъ начиналась диссоціація даже такихъ веществъ, которыя при нормальной или слабо увеличенной температурѣ вступаютъ другъ съ другомъ въ соединеніе весьма жадно. Эти факты позволили намъ высказать дальнѣйшее предположеніе, а именно позволили намъ допустить, что при температурахъ, которыхъ намъ до сихъ поръ получить не удалось, нѣкоторые элементы окажутся соединеніями и смогутъ быть разложены на болѣе простыя вещества.

Всѣ эти обстоятельства дѣлаютъ весьма правдоподобнымъ мнѣніе, согласно которому жидкое состояніе матеріи является результатомъ соединенія молекулъ вещества въ комбинаціи болѣе высокаго порядка. Говоря на языкѣ основныхъ нашихъ представленій, мы сказали бы, что въ этомъ состояніи матерія соединяется въ небесныя свѣтила высшаго порядка, по сравненію съ тѣми, которыя представляются газовыми молекулами, причемъ однако между тѣлами этими остается достаточно мѣста для того, чтобы они могли проскальзывать другъ мимо друга. Часть температурныхъ колебаній молекулы такой комбинаціи выполняютъ сообща; это позволяетъ имъ оставаться на томъ раз-

стояніи другъ отъ друга, которое необходимо для того, чтобы вещество могло течь. Бо́льшая плотность жидкостей, по сравненію съ газообразнымъ состояніемъ того или другого вещества, является, согласно этому объясненію, необходимымъ слѣдствіемъ сравнительно большей плотности соотвѣтственныхъ комбинацій молекулъ. Разграничить въ этихъ явленіяхъ физическую сторону отъ чисто химической не всегда возможно: во многихъ случаяхъ химикъ не могъ бы съ своей точки зрѣнія сказать ничего въ пользу необходимости той или иной комбинаціи молекулъ.

Разъ соединеніе молекулъ въ группы является главной причиной обращенія матеріи въ жидкое состояніе, то тѣ законы, которые, какъ мы видѣли, управляютъ газами, должны, разумѣется, съ соотвѣтствующими этому сближенію молекулъ ограниченіями, оставаться въ силѣ и по отношенію къ жидкостямъ. Но соображеніе это на первый взглядъ фактами совершенно не подтверждается, и законы, управляющіе газами, повидимому, не имѣютъ никакого примѣненія по отношенію къ тѣламъ жидкимъ. Всѣ соотношенія эти въ жидкостяхъ носятъ гораздо болѣе сложный характеръ; такъ, напримѣръ, расширеніе жидкостей не слѣдуетъ тутъ тому или другому простому соотношенію съ температурой.

Если мы вернемся теперь къ написанному у насъ на стр. 515 уравненію состоянія газовъ въ его приведенномъ видѣ, то мы тотчасъ же сообразимъ, что поправочные члены Ванъ-деръ-Ваальса, зависящіе отъ взаимнаго разстоянія между молекулами и отъ занимаемаго ими пространства, могутъ для случая тѣлъ жидкихъ имѣть настолько большія значенія, что простой законъ Гей-Люссака долженъ будетъ при этомъ потерять всякій смыслъ. Сумма этихъ дѣйствій, внутреннее треніе, какъ мы назвали ее въ другомъ мѣстѣ, будетъ тутъ слишкомъ велика. Большія группы молекулъ могутъ проходить другъ возлѣ друга, но при этомъ имъ постоянно приходится преодолѣвать всякаго рода препятствія; такія препятствія встрѣчаютъ на своемъ пути молекулы и въ томъ случаѣ, когда вещество находится въ газообразномъ состояніи, но тутъ они значительно меньше. Поэтому было бы чрезвычайно важно найти для жидкостей такого рода свободныя состоянія, которыя позволили бы рѣшить путемъ прямого изслѣдованія вопросъ о сходствѣ жидкаго состоянія матеріи съ газообразнымъ въ указанномъ нами выше смыслѣ. Если законы, управляющіе газами и имѣющіе столь широкое примѣненіе по отношенію къ этому наиболѣе свободному изъ аггрегатныхъ состояній, обусловлены дѣйствительно движеніями мельчайшихъ частичекъ матеріи, то они должны оставаться въ силѣ и по отношенію ко всѣмъ другимъ аггрегатнымъ состояніямъ.

Итакъ, если сопоставленію жидкостей съ газами мѣшаетъ сравнительно большая близость молекулъ въ жидкостяхъ, мы должны искать средство, позволяющее вызвать въ жидкостяхъ состоянія, сходныя съ газами, въ томъ, чтобы *отдалить другъ отъ друга молекулы жидкости, не измѣняя въ то же время жидкаго состоянія матеріи*. Условію этому можно удовлетворить очень просто: для этого достаточно приготовить сильно разведенный *растворъ* даннаго вещества въ томъ или другомъ растворителѣ. Если растворить небольшое количество сахара въ большомъ объемѣ воды, то онъ распредѣляется въ водѣ съ такой равномѣрностью, что въ каждой частицѣ воды содержится одно и то же число молекулъ сахара. Такимъ образомъ явленіе полной диффузіи смѣси встрѣчается одинаково какъ въ жидкостяхъ, такъ и въ газахъ. Но въ такихъ разведенныхъ растворахъ молекулы раствореннаго вещества удалены другъ отъ друга на сравнительно большія разстоянія, а потому своимъ треніемъ они не могутъ оказывать на взаимныя перемѣщенія сколько-нибудь значительнаго вліянія. Что же касается до ихъ тренія о молекулы растворителя, то оно повсюду одинаково: оно замедляетъ движеніе ихъ на опредѣленную величину, но законы ихъ перемѣщеній могутъ примѣняться только при введеніи въ выраженіе ихъ множителя, указывающаго на такое замедленіе.

Теперь является вопросъ, какъ измѣрять эти движенія раствореннаго вещества въ растворителѣ. Что такія движенія дѣйствительно существуютъ слѣдуетъ изъ того, что жидкости, какъ газы, производятъ на стѣнки сосуда давленіе по

всѣмъ направленіямъ, а давленіе это мы приписываемъ колебательнымъ движеніямъ ихъ мельчайшихъ частицъ. Такимъ образомъ задача сводится къ тому, чтобы найти способъ измѣренія той части этого давленія, которую надо отнести на долю частицъ только одного растворенваго вещества. Для этой цѣли весьма пригодны явленія осмотическаго давленія, которымъ мы уже занимались въ отдѣлѣ физики (стр. 115). Мысль о примѣненіи ихъ въ этомъ вопросѣ является большой заслугой Вантъ-Гоффа (см. его портретъ ниже).

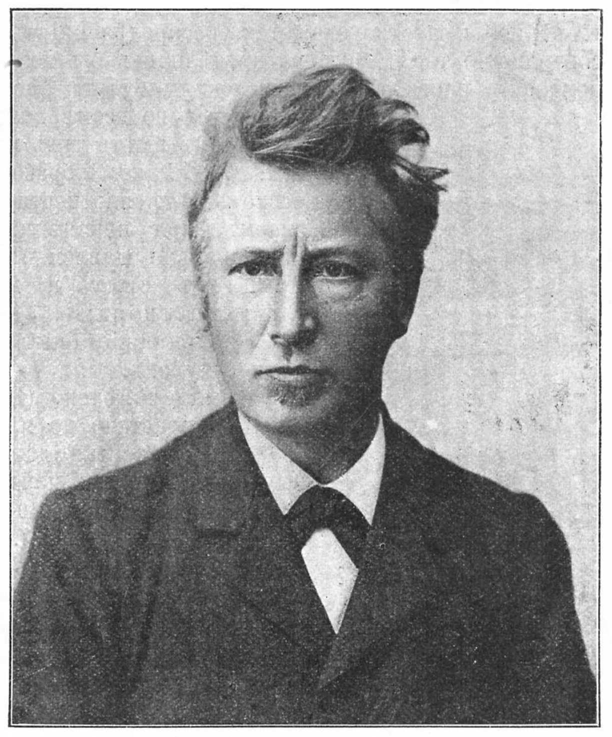
Если поверхъ сахарнаго раствора будетъ находиться слой воды и обѣ жидкости будутъ въ полномъ покоѣ и отдѣльно другъ отъ друга, то болѣе тяжелый сахаръ вскорѣ начнетъ подыматься небольшими количествами вверхъ въ находящійся надъ нимъ слой воды, то есть будетъ совершать работу противъ силы тяжести; такъ будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока сахарныя молекулы не распредѣлятся повсюду равномѣрно. Работа эта соотвѣтствуетъ тому давленію, которое производятъ однѣ молекулы сахара, то есть тому давленію, которое мы желаемъ измѣрить. Если обѣ жидкости раздѣлить перепонкой, напримѣръ, перепонкой животнаго происхожденія (свинымъ пузыремъ), то давленіе это получаетъ названіе осмотическаго. Сквозь поры перепонки одинъ изъ растворовъ, обладающій болѣе крупными молекулами, можетъ проходить не въ такомъ количествѣ, какъ другой; этимъ обусловливаются тѣ повышенія или пониженія уровня, о которыхъ мы говорили въ отдѣлѣ физики (стр. 115) и которыя играютъ чрезвычайно важную роль въ процессахъ физіологическихъ. Для нашихъ цѣлей намъ необходима такая стѣнка, которая одно вещество не пропускала бы совсѣмъ, другое же пропускала бы, наоборотъ, легко; только въ такомъ случаѣ мы въ состояніи будемъ измѣрить полное давленіе, производимое растворенным веществомъ, не дѣлая никакихъ дальнѣйшихъ предположеній. Такія полупроницаемыя стѣнки могутъ быть изготовлены для каждой опредѣленной пары веществъ.



I. I. Вантъ-Гоффъ. Изъ „19-го столѣтія въ картинахъ" Веркмейстера. См. текстъ выше.

Такъ, напримѣръ, изготовленный Траубе слой желѣзистосинеродистой мѣди обладаетъ свойствомъ пропускать безпрепятственно воду и совершенно не пропускать молекулъ сахара. Если изъ такого полупроницаемаго вещества изготовить стѣнку сосуда, въ который затѣмъ налить слабый растворъ сахара, и если погрузить этотъ сосудъ въ другой большій, наполненный водой, то вода мало-помалу начнетъ проходить изъ второго сосуда въ первый, разбавляя содержащійся въ немъ растворъ еще больше; что же касается до молекулъ сахара, то ни одна изъ нихъ не попадетъ въ воду, находящуюся во внѣшнемъ сосудѣ.

Вслѣдствіе увеличенія количества жидкости въ меньшемъ сосудѣ, уровень ея въ немъ повышается. Если въ него вставить узкую трубку, то высота столба жидкости въ этой трубкѣ дастъ намъ прямо величину измѣряемаго нами осмоти-

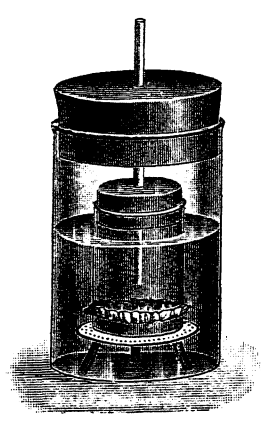


I. I. Вантъ-Гоффъ. Изъ „19-го столѣтія въ картинахъ“ Веркмейстера. См. текстъ выше.

ческаго давленія въ данный моментъ, уравновѣшиваемаго давленіемъ столба жидкости. Рисунокъ, помѣщенный ниже, поясняетъ этотъ опытъ.

Изъ опытовъ надъ осмотическимъ давленіемъ растворовъ различной концентраціи, произведенныхъ по только что указанному способу или по другому плану, оказалось, что при постоянной температурѣ это давленіе возрастаетъ прямо пропорціонально содержанію въ растворителѣ числа молекулъ растворенняго вещества, но что характеръ самого растворителя не имѣетъ при этомъ никакого значенія. Такимъ образомъ, разъ давленіе однопроцентнаго раствора равно извѣстной величинѣ, то давленіе двухпроцентнаго раствора равняется величинѣ, въ два раза большей.

Если представить себѣ, что недѣятельный растворитель устраненъ, то растворенное вещество окажется распредѣленнымъ въ безвоздушномъ пространствѣ совершенно такъ, какъ распредѣлились бы молекулы газа. При возрастаніи концентраціи раствора вдвое, молекулы будутъ расположены въ два раза гуще, чѣмъ раньше, и во всемъ, что касается распредѣленія матеріи, мы будемъ имѣть тутъ какъ бы вдвое болѣе плотный газъ и т. д. Такимъ образомъ степень концентраціи соотвѣтствуетъ тутъ плотности газа, а плотность газа, какъ мы знаемъ, при неизмѣнной температурѣ возрастаетъ пропорціонально давленію: законъ Бойль-Маріотта сохраняетъ силу и въ примѣненіи къ разведеннымъ растворамъ.


Измѣреніе осмотическаго давленія разведенныхъ растворовъ. См. текстъ, выше.

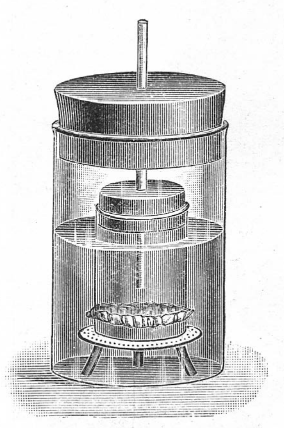
Дальнѣйшіе опыты были ведены при перемѣнныхъ температурахъ.

Было замѣчено (Пфефферъ), что осмотическое давленіе возрастало по мѣрѣ увеличенія температуры.

Наблюдаемыя давленія прекрасно соотвѣтствовали вычисляемымъ изъ найденной чисто эмпирически формулы такого вида $P = 0{,}649\ (1 + 0{,}00367\,t)$ атмосферъ (былъ взятъ растворъ сахара). Въ этой формулѣ множитель при температурѣ 0,00367 въ точности равенъ тому, который стоитъ въ извѣстной намъ формулѣ (стр. 148), а именно онъ равенъ $\frac{1}{273}$; другими словами, и въ разведенныхъ растворахъ давленіе возрастаетъ пропорціонально абсолютной температурѣ; такимъ образомъ они подчиняются закону Гей-Люссака. Характеръ растворителя и въ этомъ случаѣ не оказываетъ никакого вліянія.

Если представить себѣ, что растворенное вещество заполняетъ тотъ объемъ, который занятъ имъ въ растворѣ, какъ настоящій газъ, то при помощи соотвѣтственной формулы можно вычислить то давленіе, которое оно должно производить при той или другой опредѣленной температурѣ. Но это давленіе, какъ слѣдуетъ изъ выше приведенной эмпирической формулы Пфеффера, въ точности равно наблюдаемому нами осмотическому давленію. Такимъ образомъ молекулы, находящіяся въ растворителѣ, во всѣхъ отношеніяхъ соотвѣтствуютъ газовымъ молекуламъ. Вслѣдствіе этого, растворы, производящіе одно и то же осмотическое давленіе при одинаковой температурѣ будутъ содержать въ равныхъ объемахъ одно и то же число молекулъ, другими словами, для разведенныхъ растворовъ дѣйствителенъ законъ Авогадро. Всѣ эти совпаденія, имѣющія столь важное значеніе для нашихъ воззрѣній на молекулярные процессы, были отмѣчены Вантъ-Гоффомъ въ его изслѣдованіяхъ надъ разведенными растворами (1885 г.), составившихъ въ наукѣ цѣлую эру; изслѣдованія эти повлекли за собой рядъ неожиданныхъ открытій въ области теоретической и практической химіи.

Такъ, напримѣръ, теперь мы въ состояніи опредѣлить плотность пара такого вещества, которое не можетъ быть обращено въ парообразное состояніе; это опредѣленіе можетъ быть выполнено совершенно точно путемъ измѣренія его осмоти-



Измѣреніе осмотическаго давленія разведенныхъ растворовъ. См. текстъ, выше.

ческаго давленія, такъ какъ мы знаемъ, что плотность пара равна именно этому давленію. Такимъ образомъ мы въ то же время имѣемъ возможность опредѣлить молекулярный вѣсъ вещества, которое только растворимо, но не обращается въ паръ, и это измѣреніе будетъ выполнено съ той же точностью, какъ въ томъ случаѣ, когда рѣчь идетъ объ опредѣленіи вѣса молекулы газа.

Сходство растворовъ съ газами имѣетъ свои предѣлы; только что указанные законы осмотическаго давленія для растворовъ большихъ концентрацій уже теряютъ значеніе, но вѣдь и газы при высокихъ давленіяхъ требуютъ поправокъ, внесенныхъ Ванъ-деръ-Ваальсомъ. Въ большинствѣ изслѣдованныхъ случаевъ отклоненія носятъ одинъ и тотъ же характеръ, но достаточно точныхъ опредѣленій въ этомъ направленіи мы еще не имѣемъ.

Изслѣдованія надъ разведенными растворами, во всякомъ случаѣ, показали, что жидкости отличаются отъ газовъ по своимъ свойствамъ только по тому, что въ нихъ слишкомъ усиливается внутреннее треніе; это увеличеніе внутренняго тренія, обусловленное переходомъ вещества въ жидкое состояніе, дѣлаетъ то, что при измѣненіи молекулярныхъ группировокъ для увеличенныхъ, по сравненію съ прежнимъ, молекулъ уже нѣтъ столько мѣста, сколько было бы необходимо для того, чтобы вещество и тутъ слѣдовало законамъ, управляющимъ газами.

Общимъ и давно уже извѣстнымъ свойствомъ растворовъ является способность растворяемаго вещества повышать точку кипѣнія и понижать точку затвердѣванія. Мы знаемъ, что смѣсь снѣга съ солью таетъ не такъ легко, какъ одинъ снѣгъ; эта смѣсь называется охладительной. Точно также морская вода замерзаетъ не съ такой быстротой, какъ вода чистая, ея точка замерзанія лежитъ ниже точки замерзанія чистой воды. Но морская вода и закипаетъ позже; ея точка кипѣнія лежитъ выше 100°. Особенный интересъ представляетъ первый фактъ. Въ самомъ дѣлѣ, твердое растворяющееся вещество, въ родѣ соли, сахара и т. п., изъ которыхъ каждое плавится труднѣе льда, будучи примѣшано къ льду дѣлаетъ то, что эта смѣсь плавится значительно легче наиболѣе плавкаго изъ обоихъ веществъ; въ 1883, стало быть, еще до изслѣдованій Вантъ-Гоффа, Рауль опытнымъ путемъ нашелъ правило, согласно которому пониженіе точки отвердѣванія пропорціонально отношенію числа молекулъ раствореннаго вещества къ числу молекулъ растворителя и отъ природы обоихъ веществъ не зависитъ. Лишь тогда, когда Вантъ-Гоффъ открылъ законы осмотическаго давленія, стало ясно, что правило Рауля является неизбѣжнымъ слѣдствіемъ этого давленія.

Изъ правила Рауля можно вычислить пониженіе точки замерзанія. Согласно формулѣ, $t = \frac{Em}{M}$; здѣсь E множитель, зависящій отъ природы растворителя, m число граммовъ вещества, растворяемаго въ 100 гр. растворителя, а M его молекулярный вѣсъ. Зная, что множитель E для воды равенъ 18,5, мы можемъ тотчасъ же опредѣлить пониженіе точки замерзанія любого воднаго раствора; наблюденіе всегда потверждаетъ предвычисленную на основаніи этой формулы температуру; исключеніе составляютъ лишь тѣ случаи, гдѣ особыя вліянія обусловливаютъ диссоціацію молекулъ, еще болѣе понижающую точку замерзанія, что объясняется тѣмъ, что дѣлитель M, молекулярный вѣсъ, подъ вліяніемъ такого рода диссоціаціи уменьшается. Съ этимъ фактомъ мы встрѣчаемся, напримѣръ, при разсмотрѣніи соляныхъ растворовъ, которые поэтому особенно пригодны въ качествѣ охладительныхъ смѣсей. Напротивъ того, растворъ тростниковаго сахара, какъ легко видѣть, очень мало пригоденъ для этой цѣли; молекулярный вѣсъ этого соединенія, $C_{12} H_{22} O_{11}$, очень великъ, а именно равенъ $(12 \times 12) + 22 + (11 \times 16) = 342$; такимъ образомъ пониженіе точки замерзанія десятипроцентнаго раствора сахара въ водѣ выразится $t = 18{,}5 \times \frac{10}{342} = 0{,}53^{0}$; то есть такой растворъ замерзаетъ приблизительно при $-\frac{1}{2}^{0}$. Въ совершенно иныхъ условіяхъ, даже помимо усиливающаго вліянія диссоціаціи, стоитъ поваренная соль, молекулярный вѣсъ которой равенъ всего на всего 58,5. Пониженіе точки замерзанія десятипроцентнаго раствора поваренной соли, по формулѣ Рауля, превышаетъ 3 градуса.

Совершенно также и по той же формулѣ опредѣляются повышенія точекъ кипѣнія растворовъ, только вмѣсто скрытой теплоты плавленія надо подставить теплоту испаренія, а вмѣсто точки замерзанія точку кипѣнія.

Мы обратили особое вниманіе на эти характерныя, хотя вполнѣ соотвѣтствующія общимъ законамъ, свойства растворовъ въ виду того, что на землѣ въ обиходѣ природы они играютъ важную роль; мы встрѣчаемся съ ними какъ въ величественныхъ явленіяхъ, связанныхъ съ круговоротомъ воды, подымающейся изъ морскихъ бассейновъ, такъ и въ тѣхъ движеніяхъ матеріи, которыя совершаются въ тѣлахъ живыхъ организмовъ, гдѣ на долю осмотическаго давленія выпадаетъ выполненіе наиболѣе важныхъ задачъ.

Мы только что показали, что между измѣненіемъ точекъ кипѣнія и замерзанія и молекулярнымъ вѣсомъ растворенняго вещества существуютъ вполнѣ опредѣленныя закономѣрныя соотношенія. Обратно, опредѣливъ опытнымъ путемъ соотвѣтственное повышеніе или пониженіе, мы сможемъ найти и молекулярный вѣсъ растворенняго вещества. Такимъ образомъ это явленіе даетъ намъ третій способъ опредѣленія этой чрезвычайно важной и характерной для каждаго вещества постоянной; первый способъ основывается на измѣреніи плотности пара, второй — на измѣреніи осмотическаго давленія, третій, какъ мы сейчасъ сказали,—на измѣреніи отклоненій отъ обычныхъ температуръ кипѣнія и замерзанія. Во многихъ случаяхъ опредѣленіе молекулярнаго вѣса вещества можно произвести по всѣмъ тремъ способамъ, и совпаденіе числовыхъ величинъ получаемыхъ такимъ образомъ трехъ значеній должно насъ вполнѣ убѣдить въ томъ, что наши основныя воззрѣнія на природу молекулярныхъ движеній, или, другими словами, основы современной химической динамики, правильны. Наши физическія и химическія представленія о матеріи все болѣе и болѣе сплочиваются воедино около понятія о величинѣ массы молекулы вещества, около понятія о молекулярномъ вѣсѣ.

Для того, чтобы потомъ не отвлекаться въ сторону, сдѣлаемъ еще шагъ и разсмотримъ въ этомъ направленіи область тѣлъ твердыхъ, общимъ изученіемъ которыхъ мы займемся нѣсколько позже. Существуютъ твердые растворы; съ нѣкоторыми изъ нихъ, а именно съ металлическими сплавами мы уже познакомились. Они подчиняются законамъ, найденнымъ Раулемъ и Вантъ-Гоффомъ для растворовъ обыкновенныхъ. На стр. 449 уже было сказано, что точка плавленія сплавовъ (исключеніемъ изъ общаго правила и тутъ являются тѣ случаи, въ которыхъ имѣетъ мѣсто диссоціація) лежитъ ниже точки плавленія наиболѣе легкоплавкаго изъ металловъ, входящихъ въ составъ даннаго соединенія и что пониженіе этой точки плавленія опять таки соотвѣтствуетъ отношенію числа молекулъ одного металла къ числу молекулъ другого. Отправляясь отсюда, мы имѣемъ возможность, наблюдая точку плавленія сплавовъ, опредѣлять молекулярный вѣсъ того или другого металла. При изслѣдованіи сплавовъ обнаруживается интересный съ точки зрѣнія нашихъ астрономическихъ соображеній (стр. 508) фактъ: тамъ мы говорили о томъ, что металлическіе пары состоятъ изъ отдѣльныхъ атомовъ, тутъ оказывается, что, по всей вѣроятности, въ большинствѣ случаевъ и въ сплавахъ всѣ металлы состоятъ изъ отдѣльныхъ атомовъ. Такимъ образомъ, эти смѣси носятъ характеръ настоящихъ химическихъ соединеній и могутъ быть, вообще говоря, чрезвычайно легко раздѣлены на составныя части; объясняется это тѣмъ, что обыкновенныя молекулы металловъ, состоящія изъ двухъ атомовъ, для образованія соединеній, въ которыхъ атомы сочетающихся элементовъ приходятся одинъ на одинъ, должны сперва расщепиться на отдѣльные атомы. Поэтому, несмотря на всю ограниченность сродства металловъ другъ къ другу, молекулы ихъ должны непремѣнно распасться.

Стало быть, едва ли можно сомнѣваться въ томъ, что металлы въ парообразномъ состояніи представляютъ собой совокупность отдѣльныхъ атомовъ. Итакъ, исходя изъ основныхъ нашихъ воззрѣній, идя двумя совершенно отличными другъ отъ друга путями, одинъ изъ которыхъ велъ насъ къ условіямъ, имѣющимся на землѣ, чрезъ далекое небесное свѣтило, мы пришли къ одному и тому же результату

Возможность примѣненія законовъ, управляющихъ газами, къ опредѣленію свойствъ наиболѣе плотныхъ по составу металловъ и сплавовъ, съ другой стороны, доказываетъ то, что въ нихъ молекулы ихъ, какъ всѣ вообще молекулы, обладаютъ извѣстной свободой перемѣщеній: только эта свобода движенія можетъ явиться причиной подчиненія металловъ и сплавовъ законамъ газоваго состоянія. Иногда въ твердыхъ тѣлахъ, приведенныхъ въ соприкосновеніе и подвергнутыхъ сильному давленію, можетъ также наблюдаться явленіе, соотвѣтствующее диффузіи газовъ и жидкостей, явленіе проникновенія этихъ веществъ другъ въ друга. Куски металла, прижатые другъ къ другу, при совершенномъ отсутствіи вліянія высокой температуры, если подвергнуть ихъ болѣе или менѣе продолжительному давленію, свариваются. Все большее и большее число молекулъ одного металла проникаетъ при этомъ въ силу однихъ только обычныхъ ихъ температурныхъ колебаній въ кольца молекулярной ткани другого, причемъ оба рода молекулъ связываются въ одну неразрывную сѣть. Если взять ртуть, то происходящія въ ней явленія диффузіи ничѣмъ не уступаютъ тѣмъ, которыя происходятъ въ водныхъ растворахъ.

Химическіе процессы не только обусловливаются наличностью притока того или другого количества тепла, они сами могутъ являться источникомъ тепла, какъ это показываютъ постоянно совершающіеся вокругъ насъ процессы сгаранія. Другіе химическіе процессы тепло поглощаютъ. Теперь мы должны дать себѣ отчетъ въ тѣхъ молекулярныхъ процессахъ, при помощи которыхъ химическія силы вызываютъ эти температурныя измѣненія.

Съ этой цѣлью вспомнимъ прежде всего, результаты нашихъ изслѣдованій надъ молекулярными процессами, лежащими въ основѣ температурныхъ явленій, добытые нами еще въ главѣ о теплотѣ (см. стр. 152 и слѣд.). Мы видѣли, что сила, которая сообщается газамъ въ формѣ теплоты, оказываетъ на движеніе молекулъ дѣйствіе двоякаго рода: съ одной стороны, она увеличиваетъ амплитуды ихъ колебательныхъ движеній, — мы назвали это дѣйствіе увеличеніемъ ихъ орбитъ, оно вызываетъ расширеніе тѣлъ и, стало быть, производитъ работу во-внѣ,— съ другой стороны, она увеличиваетъ скорость колебаній по этимъ орбитамъ; это второе дѣйствіе обусловливаетъ повышеніе температуры, которое, однако, при одномъ и томъ же количествѣ притекающаго тепла (въ калоріяхъ) для каждаго тѣла имѣетъ свою особую величину. При этомъ обнаруживается слѣдующій интересный фактъ: эта удѣльная теплота тѣла обратно пропорціональна атомнымъ вѣсамъ; такимъ образомъ, произведеніе ихъ должно дать постоянную, которая носитъ названіе атомной теплоты и равна приблизительно 6,3. Тотъ же результатъ дастъ намъ и изслѣдованіе химическихъ соединеній; произведеніе удѣльной теплоты химическаго соединенія на его молекулярный вѣсъ даетъ также постоянную, — молекулярную теплоту. Такимъ образомъ, та часть тепловой энергіи, которая идетъ на увеличеніе скорости колебательныхъ движеній молекулъ, опредѣляется вѣсомъ приходящихъ въ движеніе тѣлъ, что совершенно понятно.

При химическихъ процесахъ происходитъ перегруппировка мельчайшихъ частицъ матеріи, перегруппировка, которая можетъ значительно измѣнить движеніе молекулъ по орбитамъ. Значительная часть той энергіи матеріи, которой обусловливаются внутреннія движенія молекулъ и атомовъ въ ихъ молекулярныхъ комбинаціяхъ, значительная часть потенціальной энергіи, или „потенціала" (названіе, отличающее эту часть энергіи отъ другой части, энергіи кинетической, на долю которой выпадаетъ работа расширенія и т. п.), можетъ получить при наличности химическаго процесса совершенно иное назначеніе. Такъ, напримѣръ, часть этой потенціальной энергіи, особенно въ томъ случаѣ, когда рѣчь идетъ о соединеніяхъ, въ которыхъ атомы тѣсно связаны другъ съ другомъ, можетъ превратиться въ энергію кинетическую, то есть можетъ обусловить выдѣленіе теплоты.

Сумму измѣненій, производимыхъ обоего рода энергіями, то есть измѣненіе температуры и внѣшнюю работу, наблюдаемыя при химическихъ процессахъ, мы будемъ называть его тепловымъ эффектомъ. Поясним это на примѣрѣ. Если привести цинкъ въ соприкосновеніе съ разведенной сѣрной кислотой

H_2SO_4, то цинкъ вытѣснитъ изъ кислоты водородъ и самъ станетъ на его мѣсто: получается цинковый купоросъ, продуктъ сгаранія цинка и сѣрной кислоты, $ZnSO_4$; водородъ при этомъ выдѣляется. Атомный вѣсъ цинка равенъ 65,4. Если взять какъ разъ 65,4 грамма (то есть такъ называемый граммъ-атомъ) то въ нашемъ опытѣ, гдѣ на каждый атомъ цинка должно выдѣляться всегда два атома водорода, освободится въ точности 2 граммъ-атома водорода. Процессъ этотъ сопровождается значительнымъ выдѣленіемъ тепла; измѣривъ его при помощи калориметра, мы найдемъ, что эти 65,4 гр. цинка при сгараніи даютъ 34,200 калорій, при томъ условіи, что опытъ ведется при внѣшней температурѣ въ 20^0. Такимъ образомъ если сѣрная кислота была разбавлена 500 гр. воды, то въ соотвѣтствіи съ понятіемъ о калоріи, эта жидкость должна была бы нагрѣться на $\frac{34200}{500}$ то есть на 68^0. Выдѣленіе 2 граммъ-атомовъ водорода, при которомъ газъ, для того чтобы освободиться изъ соединенія, долженъ преодолѣть давленіе атмосферы, обусловливаетъ затрату работы, на величину которой уменьшается общій запасъ энергіи матеріи, принимающей участіе въ данномъ процессѣ. Для того чтобы найти весь тепловой эффектъ этого процесса надо придать эту работу, выразивъ ее предварительно въ тѣхъ же единицахъ, въ тѣхъ же калоріяхъ, къ указаннымъ уже нами 32,400. Наши соображенія, помѣщенныя на стр. 152, позволяютъ выполнить этотъ разсчетъ. Если мы имѣющійся тамъ постоянный множитель уравненія 0,0819 выразимъ въ калоріяхъ, то мы получимъ вмѣсто него 1,99 или, круглымъ счетомъ, 2 калоріи; вся работа, производимая 2 гр. водорода, освобождающимися при 20^0 и выдерживающими давленіе атмосферы, равна $2(273+20)$, или 586 калоріямъ. Такимъ образомъ, въ нашемъ случаѣ весь тепловой эффектъ равняется $34200+586=34,786$ калоріямъ.

Въ данномъ процессѣ величина внѣшней работы, по сравненію съ выдѣленіемъ теплоты, весьма незначительна. Она будетъ еще меньше въ томъ случаѣ, когда вовсе нѣтъ выдѣленія газа, и вся внѣшняя работа сводится только къ расширенію. Въ большинствѣ случаевъ поэтому этой величиной можно пренебречь.

Зато теплота сгаранія, развивающаяся при различныхъ химическихъ процессахъ, имѣетъ, какъ показываетъ вся совокупность накопленныхъ фактовъ, самыя разнообразныя значенія. Сгараніе грамма цинка въ приведенномъ нами примѣрѣ сопровождается выдѣленіемъ $\frac{34200}{65,4} = 525$ калорій, превращеніе же одного грамма сгарающаго водорода въ воду даетъ 68,400 калорій, то есть приблизительно въ 130 разъ больше тепла.

Ниже приведенъ рядъ тепловыхъ эффектовъ соединеній (теплотъ образованія), по Нернсту, которыя почти не отличаются отъ соотвѣтственныхъ теплотъ сгаранія (если, конечно, рѣчь идетъ объ одномъ изъ кислородныхъ соединеній). Величины эти выражены въ калоріяхъ:

			Примѣчанія.
$2H + O = H_2O$	= жидкая вода	+ 67,5	
$C + 2O = CO_2$	= углекислота, получающаяся изъ алмаза при сгараніи	+ 94,3	
$C + O = CO$	= окись углерода (изъ алмаза)	+ 26,6	
$S + 2O = SO_2$	= сѣрнистая кислота	+ 71,1	(изъ сѣры d)
$H + F = HF$	= фтористый водородъ	+ 38,6	(изъ газообразнаго фтора)
$H + Cl = HCl$	= хлористый водородъ	+ 22,0	(изъ газообразнаго хлора)
$H + Br = HBr$	= бромистый водородъ	+ 8,4	(изъ жидкаго брома)
$H + J = HJ$	= іодистый водородъ	— 6,1	(изъ твердаго іода)
$N + O = NO$	= окись азота	— 21,6	
$N + 2O = NO_2$	= азотноватый ангидридъ	— 7,7	(диссоціирующій газъ, или азотноватая кислота)
$2N + 4O = N_2O_4$	= азотноватый ангидридъ	— 2,6	(удвоенная, по сравненію съ предыдущей, молекула)
$K + F = KF$	= фтористый калій	+ 109,5	
$K + Cl = KCl$	= хлористый калій	+ 105,6	
$K + Br = KBr$	= бромистый калій	+ 95,3	
$K + J = KJ$	= іодистый калій	+ 80,1	

Сопоставленіе этихъ соединеній поучительно во многихъ отношеніяхъ. Прежде всего мы видимъ, что тутъ имѣются весьма немалыя отрицательные тепловые эффекты, то есть что нѣкоторыя соединенія при своемъ образованіи поглощаютъ энергію, не взирая на то, что и тутъ происходитъ соединеніе отдѣльныхъ атомовъ въ молекулы, а, значитъ, въ то же время и выдѣленіе тепла, обусловленное сгущеніемъ матеріи подъ вліяніемъ химическихъ силъ. Этотъ отрицательный тепловой эффектъ при образованіи соединеній объясняется тѣмъ, что при этомъ процессѣ постоянно приходится имѣть дѣло съ разностью двухъ энергій. Молекула элемента, состоящая изъ двухъ атомовъ, должна прежде всего расщепиться, только тогда обѣ части ея получатъ возможность вступить въ новое соединеніе. При этомъ оказывается, что въ нѣкоторыхъ элементахъ сила, потребная для расщепленія ихъ молекулъ на составныя части, больше той, которая проявляется при образованіи новаго соединенія.

Особый интересъ представляютъ и тутъ соединенія водорода съ галоидами: большое сходство ихъ обнаруживается въ правильности возрастанія ихъ тепловыхъ эффектовъ. Наиболѣе способный къ вступленію въ реакціи, наиболѣе подвижный и легкій изъ галоидовъ, фторъ, расщепляется также легче остальныхъ галоидовъ; галоиды, въ соотвѣтствіи съ ихъ атомными вѣсами, отъ фтора къ іоду становятся все болѣе и болѣе недѣятельными, что сказывается также и на характерѣ выдѣленія ими теплоты. Совершенно того же порядка и послѣдовательность соединеній калія съ этими четырьмя элементами, — разница только количественная.

Если растворять газы, жидкія или твердыя тѣла въ водѣ, то при этомъ будетъ наблюдаться не только пониженіе температуры, какъ того слѣдовало бы ожидать, исходя изъ нашихъ соображеній объ осмотическомъ давленіи въ разведенныхъ растворахъ; въ такихъ растворахъ осмотическое давленіе всегда понижаетъ точку затвердѣванія, что указываетъ на потерю энергіи, на трату ея; напротивъ того, въ растворахъ часто приходится наблюдать выдѣленіе тепла. Но это явленіе всегда указываетъ на то, что пришедшія въ соприкосновеніе вещества образовали химическое соединеніе, что подтверждается также наблюдаемымъ одновременно съ этимъ уменьшеніемъ объема. Если мы станемъ вливать въ воду концентрированную сѣрную кислоту, то намъ будетъ казаться, что кислота въ ней исчезаетъ; по крайней мѣрѣ, увеличеніе объема смѣси ни въ какомъ случаѣ не соотвѣтствуетъ количеству прилитой жидкости. Но въ то же время мы замѣтимъ, что температура сильно повысится. Связанную съ сѣрнистой кислотой воду простой перегонкой отдѣлить нельзя; тутъ уже получилось химическое соединеніе. Способностью сѣрной кислоты сильно притягивать воду, пользуются, какъ извѣстно, для осушенія; такія притягивающія воду тѣла называются гигроскопическими.

c) Твердыя тѣла.

Подобно другимъ температурнымъ численнымъ величинамъ, весьма интересными въ смыслѣ закономѣрности оказываются точки плавленія. На помѣщенной далѣе таблицѣ (стр. 526), въ которой мы придерживаемся приведенной у насъ на стр. 495 періодической системѣ, точки плавленія выражены въ абсолютныхъ температурахъ.

Мы видимъ, что при переходѣ отъ элемента къ элементу въ порядкѣ возрастанія ихъ атомныхъ вѣсовъ точки плавленія располагаются по совершенно отчетливой волнообразной линіи. Еще отчетливѣе выступитъ характеръ такой линіи, если эта кривая будетъ выражать собой зависимость между атомнымъ объемомъ и атомнымъ вѣсомъ элементовъ (см. чертежъ, на стр. 527). Атомнымъ объемомъ называется частное, получающееся отъ раздѣленія атомнаго вѣса какого-нибудь элемента на его плотность, причемъ мы въ правѣ брать плотности, соотвѣтствующія всегда одному и тому же аггрегатному состоянію; мы останавливаемся на плотности твердаго состоянія. Итакъ, согласно только что данному опредѣленію, атомный объемъ представляетъ собой пространство, зани-

маемое массой атома вещества въ твердомъ его состояніи. Такимъ образомъ, мы выключаемъ тѣ нѣсколько элементовъ, которые до сихъ поръ еще не могутъ быть получены въ твердомъ состояніи. Элементы отличаются другъ отъ друга по атомнымъ объемамъ въ значительно меньшей степени, чѣмъ по атомнымъ вѣсамъ; атомные вѣса элементовъ измѣняются въ предѣлахъ отъ 1 (водородъ) до 240 (уранъ), между тѣмъ какъ наименьшій изъ извѣстныхъ намъ атомныхъ объемовъ вещества въ твердомъ состояніи равенъ 3,6 (углеродъ), а наибольшій 56,1

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
H н 40							He о. н.
Li 453	Be в. 1270	B о. в.	C н. р.	N о. н.	O о. н.	F о. н?	Ne о. п.
Na 369	Mg 1070	Al 1000	Si о. в.	P красный 528 бѣлый 317	S 388	Cl 171	A о. п.
K 335	Ca в. ч. Sr	Sc ?	Ti н. р.	V н. р.	Cr в. 2270	Mn 2170	Fe Co Ni 1977 2070 1890
Cu 1355	Zn 691	Ga 303	—	As. в. 773	Se 490	Br 266	Kr о. н.
Rb 311	Sr в. ч. Ba.	Y ?	Sr в. ч. Si	Nb н. р.	Mo о. в.	—	Ru Rh Pd 2070 2270 1973
Ag 1241	Cd 591	In 449	Sn 503	Sb 700	Te 800	J 387	X о. н.
Cs 299	Ba 748	La в. 710 Ce н. 1273	—	—	—		
—	—	—	—	Ta н. р.	W о. в.		Os Ir Pt 2770 2220 2050
Au 1345	Hg 233	Fl 233	Pb 597	Bi 542	—		
			Th ?		U о. в.		

Точки плавленія элементовъ по абсолютной шкалѣ (счетъ отъ—273°).

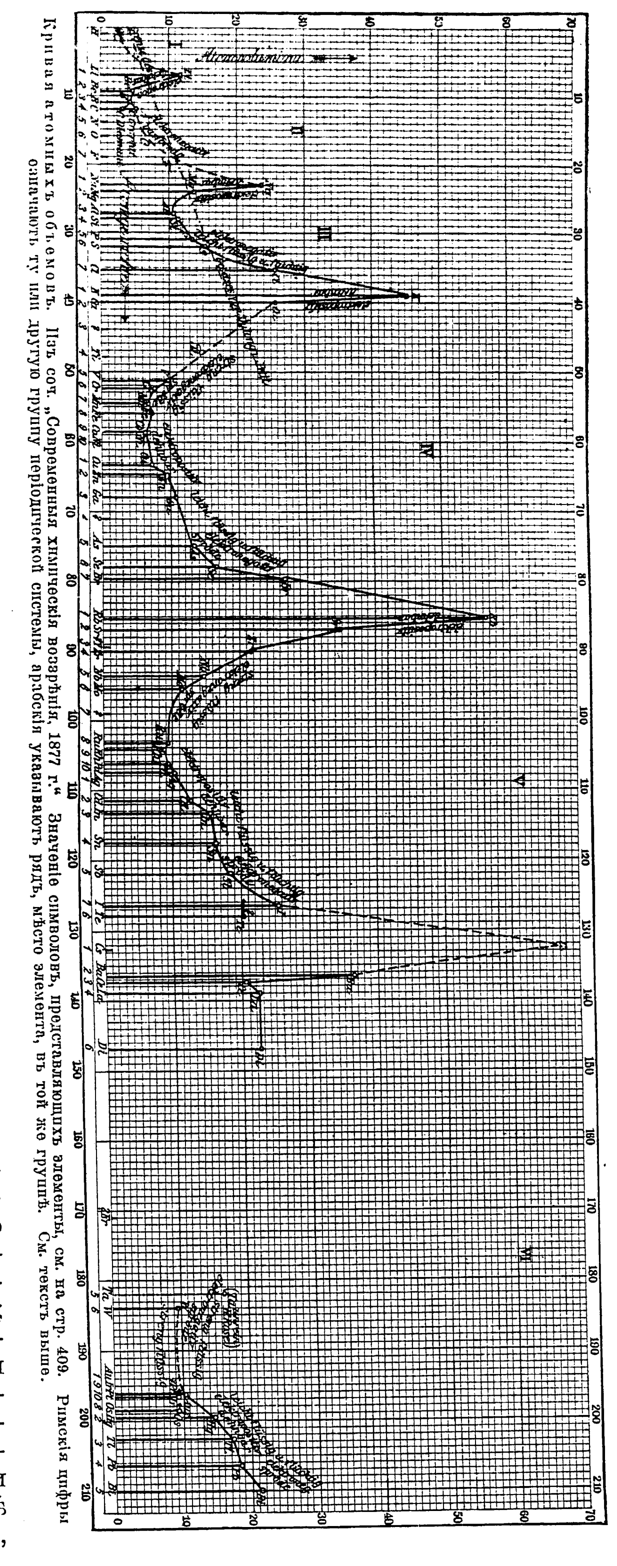
Значеніе сокращеній: н. р = не расплавленъ; о. в = очень высока; о. н.=очень низка; в = выше; н = ниже; в. ч = выше, чѣмъ; н. ч. = ниже, чѣмъ. См. текстъ стр. 525.

(рубидій). Но рубидій стоитъ въ этомъ случаѣ особнякомъ; ближайшій къ нему меньшій атомный объемъ, атомный объемъ калія равенъ 45,4. Если бы допустить, что атомы имѣютъ шаровую форму, то кубичные корни изъ этихъ чиселъ показывали бы, каковы относительныя величины діаметровъ этихъ атомовъ. Если принять за единицу діаметръ атома углерода, то діаметръ наибольшаго изъ атомовъ, атома рубидія, равнялся бы всего лишь какимъ-нибудь $2^1/_2$.

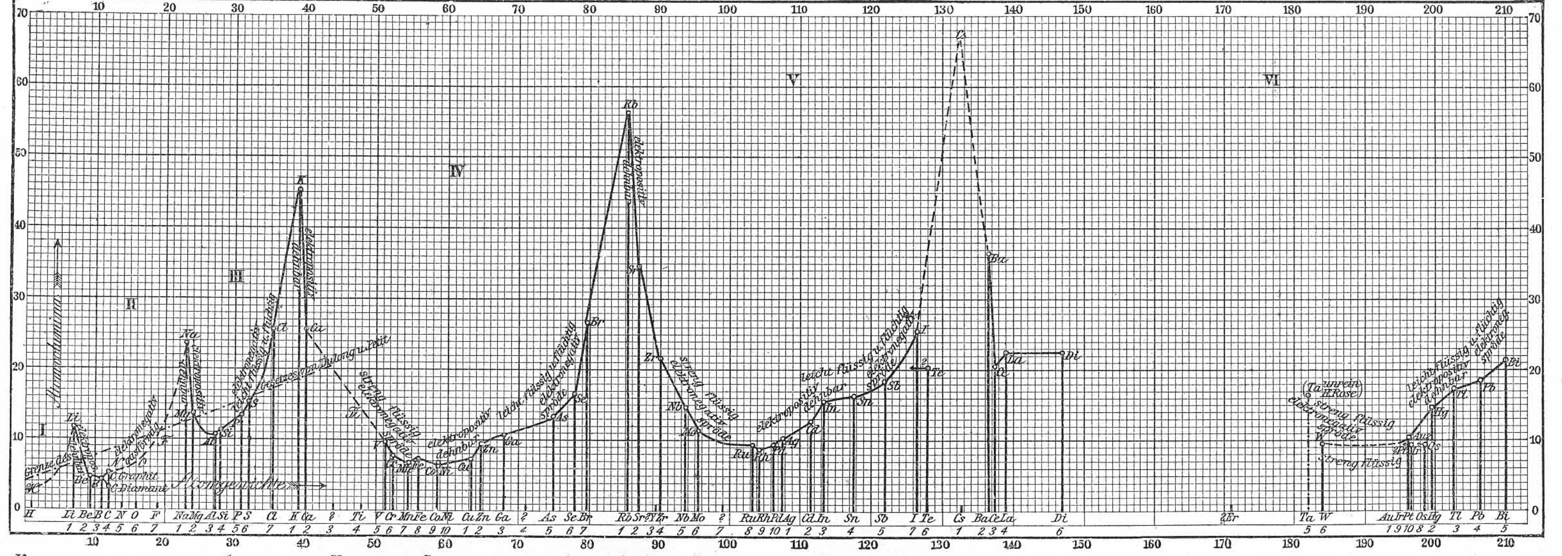
Конечно, предположеніе о шарообразности атомовъ недопустимо, но получающіяся на основаніи его величины діаметровъ позволяютъ думать, что атомы различныхъ элементовъ отличаются другъ отъ друга незначительно.

Между величинами атомовъ и физическими и химическими свойствами элементовъ, какъ показалъ Лотаръ Мейеръ, существуетъ чрезвычайно интересное соотношеніе. На чертежѣ на стр. 527 по горизонтальному направленію отложены

вѣса, по вертикальному — атомные объемы. Соединивъ всѣ эти точки, получимъ весьма характерную волнообразную кривую, вершины которой (maxima) несомнѣннѣйшимъ образомъ указываютъ на ея связь съ періодической системой Менделѣева (стр. 495). Каждая изъ входящихъ въ составъ кривой группъ, обозначенныхъ римскими цифрами, имѣетъ свой максимумъ и свой минимумъ. На чертежѣ рядомъ съ вѣтвями кривой помѣщены надписи, показывающія періодическое измѣненіе электрическихъ свойствъ и точекъ плавленія. По мѣрѣ того, какъ атомный объемъ веществъ, входящихъ въ составъ той или иной группы, возрастаетъ, самыя вещества, охватываемыя той или иной частью волнообразной кривой, становятся все болѣе и болѣе легкоплавкими, правда, не всегда въ одинаковой мѣрѣ. По мѣрѣ возрастанія атомныхъ вѣсовъ, то есть при переходѣ въ область элементовъ, составляющихъ нижніе ряды, плавкость ихъ обыкновенно ослабѣваетъ. Это обстоятельство не требуетъ никакихъ объясненій; въ самомъ дѣлѣ, для того, чтобы расплавить бо́льшую массу, надо затратить и больше энергіи. Но существуютъ исключенія изъ этого правила; они зависятъ только отъ величины тѣла, а не отъ заключающейся въ нихъ массы: если оставить въ сторонѣ вопросъ о количествѣ матеріи, которое должно быть расплавлено, то есть о массѣ, то наиболѣе плавкими, какъ оказывается, будутъ наиболѣе значительные по величинѣ атомы; наша кинетическая точка зрѣнія позволяетъ намъ понять и это свойство атомовъ; дѣйствительно бо́льшіе атомы имѣютъ и бо́льшую поверхность, а, стало быть, они будутъ въ большей мѣрѣ подвергаться ударамъ,



Кривая атомныхъ объемовъ. Изъ соч. „Современныя химическія воззрѣнія, 1877 г." Значеніе символовъ, представляющихъ элементы, см. на стр. 409. Римскія цифры означаютъ ту или другую группу періодической системы, арабскія указываютъ рядъ, мѣсто элемента, въ той же группѣ. См. текстъ выше.



Кривая атомныхъ объемовъ. Изъ соч. „Современныя химическія воззрѣнія, 1877 г.“ Значеніе символовъ, представляющихъ элементы, см. на стр. 409. Римскія цифры означаютъ ту или другую группу періодической системы, арабскія указываютъ рядъ, мѣсто элемента, въ той же группѣ. См. текстъ выше.

чѣмъ атомы меньшіе. Такимъ образомъ въ этомъ фактѣ мы снова имѣемъ изящное подтвержденіе нашихъ основныхъ воззрѣній; тѣмъ не менѣе тутъ, какъ и въ большинствѣ другихъ подобныхъ случаевъ, точное числовое обоснованіе соотношеній пока еще невозможно. Такими же характерными свойствами по отношенію къ температурамъ плавленія обладаютъ не только элементы, но и ихъ соединенія.

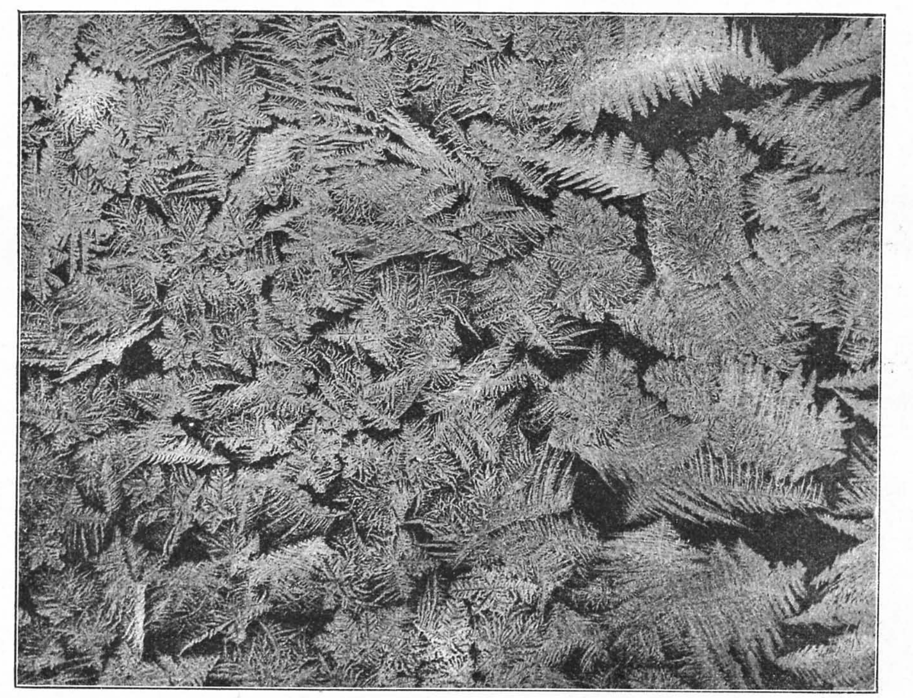
Но что же представляетъ изъ себя молекулярное состояніе твердыхъ тѣлъ? Прежде всего остановимся на характерныхъ свойствахъ твердыхъ тѣлъ. Твердыя тѣла мы раздѣляемъ на кристаллическія и некристаллическія, или аморфныя; существуетъ также классъ тѣлъ металлическихъ, которые могутъ быть какъ кристаллическими, такъ и аморфными; наконецъ, есть такія



Ледяные узоры. Изъ „Fleurs de glace", Принтца. Съ фотографіи. См. текстъ ниже.

тѣла, которыя представляютъ собой нѣчто промежуточное между состояніями твердымъ и жидкимъ,—это такъ называемыя колоидальныя тѣла, студенистыя тѣла. Коллоидальныя тѣла иногда могутъ принять кристаллическую форму; такимъ образомъ могутъ быть жидкіе кристаллы. Займемся прежде всего кристаллической формой матеріи.

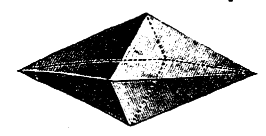
Какой видъ имѣютъ образующіеся кристаллы, знаютъ всѣ; каждую зиму мы видимъ на оконныхъ стеклахъ восхитительные узоры кристалловъ, эти настоящіе цвѣты неживой природы (см. рисунокъ выше.). Какъ только вода охладѣваетъ ниже точки замерзанія, тотчасъ начинаютъ образовываться такія тоненькія иголочки, которыя соединяясь даютъ эти чудесные узоры; въ концѣ концовъ, изъ нихъ получается компактная масса, слой льда, плавающій на водѣ, остающейся пока въ жидкомъ состояніи. Но не всѣ кристаллизаціонные процессы протекаютъ такъ, какъ мы только что видѣли. Вода является для насъ счастливымъ исключеніемъ; кристаллы ея легче жидкой воды. Въ большинствѣ случаевъ приходится наблюдать явленіе обратное,—процессъ кристаллизаціи начинается въ жидкости снизу. Для того, чтобы онъ начался, требуется извѣстный толчекъ. Если, напримѣръ, путемъ продолжительнаго выпариванія довести освобожденный отъ всякихъ примѣсей растворъ до состоянія пересыщенія, такъ что въ немъ процентное соотно-



Ледяные узоры. Изъ „Fleurs de glace“, Принтца. Съ фотографіи. См. текстъ ниже.

шеніе между растворенныиъ веществомъ и растворителемъ будетъ больше, чѣмъ это бываетъ при приготовленіи такого раствора при обыкновенныхъ условіяхъ, то процессъ кристаллизаціи, подобно процессу кипѣнія, можетъ запоздать, несмотря на достиженіе растворомъ необходимой для выдѣленія кристалловъ температуры; но стоитъ вбросить въ растворъ, хотя бы самый маленькій предметъ, и тотчасъ же образуется одинъ кристаллъ, къ нему приростутъ другіе, и, наконецъ, все вещество выкристаллизуется. Итакъ, мы наблюдаемъ тутъ пріостановку процесса кристаллизаціи, пріостановку подобную той, которая наблюдается при наступленіи процесса кипѣнія; такъ для образованія облаковъ необходимы частички пыли, которая въ механизмѣ природы играетъ болѣе важную роль, чѣмъ можно было бы когда либо думать.

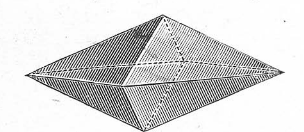
Каждое вещество, будь то элементъ или соединеніе элементовъ, если только это вещество твердое, можетъ въ большинствѣ случаевъ имѣть и кристаллическую форму; но одни вещества кристаллизуются чаще и легче, нежели другія, что же касается такихъ веществъ, какъ алмазъ, то условія, при которыхъ они нѣкогда приняли кристаллическую форму, намъ неизвѣстны.


Кристаллъ сѣры, полученный путемъ ея возгонки. Октаедръ одноклиномѣрной системы. См. текстъ ниже.

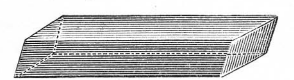
Процессъ кристаллизаціи можетъ протекать въ отдѣльныхъ случаяхъ довольно разнообразно, но необходимымъ условіемъ его является всегда пониженіе температуры того или другого вещества. Такъ, напримѣръ, газообразное тѣло можетъ принять кристаллическую форму, минуя состояніе жидкое. Этотъ процессъ называется возгонкой; его можно наблюдать, напримѣръ, на парахъ сѣры, которая отлагается на холодныхъ поверхностяхъ, въ видѣ небольшихъ октаедровъ одноклиномѣрной системы (см. чертежъ выше). Если же сѣру расплавить, то при охлажденіи на стѣнкахъ сосуда при соотвѣтственнымъ образомъ подобранныхъ внѣшнихъ условіяхъ будутъ отлагаться кристаллы системы ромбической. Изъ двухъ полуоктаедровъ первой системы можно образовать изображенный ниже ромбоедръ.

При кристаллизаціи сѣры и воды мы имѣемъ дѣло съ веществами, которыя выкристаллизовываются прямо изъ жидкаго или газобразнаго состоянія, а потому для этой цѣли часто пользуются ихъ **растворами**, по большей части, растворами водными, но иногда и другими, напримѣръ, спиртовыми и т. п. Извѣстно, что теплыя жидкости растворяютъ вещество лучше, нежели холодныя. Если начать охлаждать растворъ, насыщенный тогда, когда онъ былъ нагрѣтъ, то часть растворённаго вещества выдѣлится и при томъ всегда въ видѣ кристалловъ. Если это охлажденіе раствора, произвести очень быстро и если при этомъ привести его въ движеніе помѣшиваніемъ, то кристаллизація начнется сразу во всѣхъ его частяхъ. Въ этомъ случаѣ получаются очень небольшіе кристаллы, часто видные только подъ микроскопомъ, **кристаллическая пыль**, при медленномъ же охлажденіи и при принятіи другихъ мѣръ предосторожности можно получить очень большіе кристаллы. Нѣкоторыя вещества могутъ быть получены въ кристаллической формѣ лишь въ видѣ очень незначительныхъ кристалловъ; таковы, напримѣръ, всѣ тѣ вещества, которыя съ трудомъ растворяются въ томъ или иномъ растворителѣ и которыя потому содержатся въ немъ въ незначительныхъ количествахъ. Какъ мы уже сказали, кристаллы охотно осаждаются на твердыхъ тѣлахъ, а потому тотчасъ же выдѣляются на стѣнкахъ сосуда, но они образуются тутъ не вполнѣ и имѣютъ видъ какъ бы срѣзанныхъ у основанія, на которомъ они прочно сидятъ, вросшись своими частицами въ его поры. Къ первому кристаллу приростаетъ второй, къ этому третій, получаются самыя разнообразныя фигуры, въ основѣ которыхъ лежатъ всегда однѣ и тѣ же геометрическія формы. Вростать другъ въ друга могутъ кристаллы только одной и той же формы. Если же бы мы захотѣли получить ихъ въ этой чистой формѣ, то для этого надо принять совершенно особыя мѣры предосторожности.


Кристаллъ расплавленной сѣры ромбической системы. См. текстъ выше.



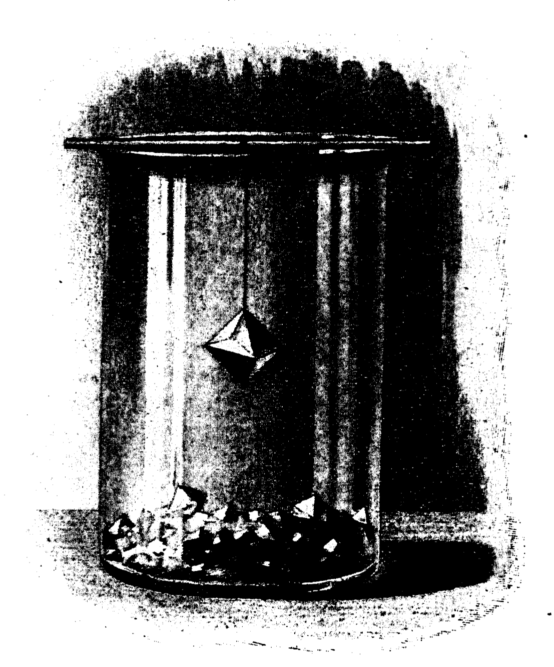
Кристаллъ сѣры, полученный путемъ ея возгонки. Октаедръ одноклиномѣрной системы. См. текстъ ниже.



Кристаллъ расплавленной сѣры ромбической системы. См. текстъ выше.

Прежде всего надо сдѣлать такъ, чтобы кристаллъ могъ безпрепятственно увеличиваться во всѣ стороны; надо во взятой жидкости образовать мѣсто, съ котораго должна начаться кристаллизація, для этого лучше всего погрузить въ жидкость чистый кристаллъ той же самой формы (см. рисунокъ ниже). Такой кристаллъ необычайно ускоряетъ процессъ кристаллизаціи; она растетъ равномѣрно во всѣ стороны; если же взять кристаллъ другой геометрической формы, то онъ остается недѣятельнымъ, служа, какъ всякое другое твердое тѣло, просто отправной точкой процесса.

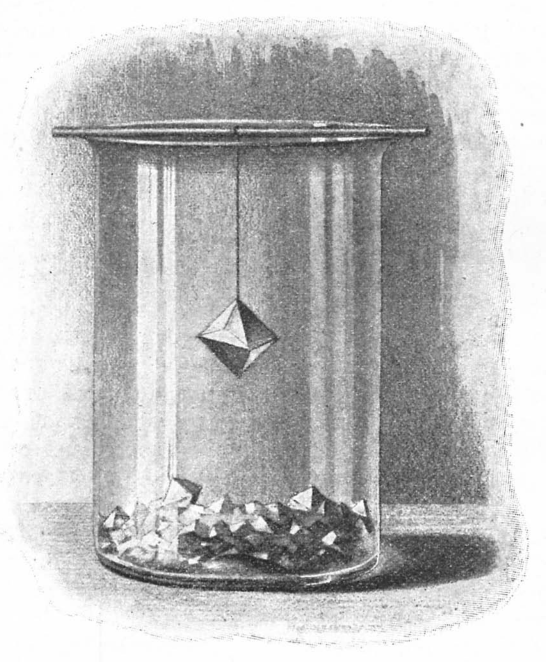
Каждый элементъ и каждое соединеніе обладаютъ особой имъ свойственной кристаллической формой, а потому можно выдѣлить изъ раствора, въ которомъ содержится нѣсколько различныхъ веществъ, при помощи кристаллизаціи всѣ эти вещества отдѣльно другъ отъ друга въ чистомъ видѣ. Къ кристаллу одного вещества никогда не присоединяется кристаллъ какого-либо другого вещества. Конечно, можетъ случиться, что къ кристаллу механически присоединены другія вещества и что въ немъ содержатся въ незначительномъ количествѣ постороннія жидкости, а потому, для того, чтобы получить всѣ вещества въ совершенно чистомъ видѣ, процессъ кристаллизаціи повторяютъ обыкновенно нѣсколько разъ, то есть, получивъ кристаллы, растворяютъ ихъ опять и потомъ растворъ снова выкристаллизовываютъ. Въ концѣ концовъ, мы получаемъ вещество въ самомъ чистомъ видѣ, но такъ какъ различныя вещества требуютъ для своей кристаллизаціи разныхъ температуръ и разныхъ концентрацій, то путемъ этого процесса ихъ можно отдѣлить другъ отъ друга.



Кристаллизація. См. текстъ выше.

Когда одно вещество уже выкристаллизовалось, остающійся растворъ, который обыкновенно носитъ названіе маточнаго разсола, продолжаетъ выдѣлять кристаллы другого вещества. Если въ растворѣ содержатся только два вещества и если для кристаллизаціи ихъ необходимы одни и тѣ же физическія условія, то кристаллы ихъ выпадаютъ изъ раствора одновременно рядомъ другъ съ другомъ, вмѣстѣ однако, въ одинъ кристаллъ не сростаясь. Потомъ мы можемъ отсортировать ихъ по ихъ геометрической формѣ и такимъ образомъ отдѣлить одно вещество отъ другого. Такого рода интересный случай представляетъ винная кислота, о кристаллахъ которой мы уже не разъ говорили. Винная кислота даетъ, выкристаллизовываясь изъ раствора, кристаллы двухъ различныхъ, хотя очень мало отличающихся другъ отъ друга, родовъ; отобравъ отдѣльно тѣ и другіе и снова растворивъ ихъ, получимъ два оптически различныхъ вещества (стр. 462).

Исключенія изъ общаго правила, какъ въ большинствѣ случаевъ, представляются здѣсь весьма поучительными. Дѣло въ томъ, что кристаллизующихся веществъ гораздо больше, чѣмъ рѣзко отличающихся другъ отъ друга кристаллическихъ формъ, а потому нѣкоторыя изъ веществъ, химически совершенно различныя, выкристаллизовываются въ формахъ чрезвычайно сходныхъ; причемъ нѣкоторыя выкристаллизовываются вмѣстѣ, образуя такъ называемые смѣшанные



Кристаллизація. См. текстъ выше.

кристаллы, въ которыхъ содержатся въ извѣстномъ отношеніи оба вещества. Совершенно не играетъ роли сходство ихъ въ химическомъ отношеніи, важно только, чтобы во взятомъ растворѣ они были химически индифферентны, въ противномъ случаѣ они не могутъ быть вмѣстѣ въ одномъ растворѣ. Это обстоятельство ясно показываетъ, что процессъ кристаллизаціи есть процессъ чисто физическій, и что отъ химическаго состава вещества зависитъ только форма кристалла.

При смѣшеніи мы не наблюдаемъ также и измѣненія объема, стало быть, нѣтъ ни сжатія, ни расширенія, указывающихъ на наличность химическихъ притяженій. Если кристаллы обоихъ веществъ по формѣ только сходны, то они образуютъ часто кристаллы промежуточной формы; такъ, напримѣръ, если углы, заключенные между извѣстными ребрами кристалловъ такихъ двухъ различныхъ формъ немного другъ отъ друга отличаются, то въ смѣшанномъ кристаллѣ соотвѣтственный уголъ имѣетъ величину промежуточную по сравненію съ первыми двумя углами. Въ другихъ случаяхъ то вещество, котораго въ растворѣ больше, заставляетъ другое вещество кристаллизоваться въ его формахъ; но это возможно только тогда, когда кристаллическія формы обоихъ веществъ геометрически сходны. Такъ, напримѣръ, кристаллы сѣрнокислаго магнія принадлежатъ къ системѣ ромбической, кристаллы сѣрнокислаго желѣза (желѣзнаго купороса) — къ системѣ одноклиномѣрной. Если магнія въ растворѣ больше, чѣмъ соли желѣза, то желѣзный купоросъ будетъ выкристаллизовываться въ формахъ ромбической системы; при обратномъ отношеніи содержанія этихъ солей сѣрнокислый магній выдѣлится въ видѣ кристалловъ одноклиномѣрной системы.

Чрезвычайно характерно свойство воды, а также нѣкоторыхъ другихъ растворителей, образовывать съ всевозможными кристаллами смѣшанные кристаллы, то есть отвердѣвать въ формахъ, свойственныхъ выкристаллизовывающимся изъ раствора веществамъ. Многія вещества, выдѣляющіяся изъ воды въ видѣ кристалловъ содержатъ кристаллизаціонную воду, число молекулъ которой является всегда опредѣленнымъ. Такъ, напримѣръ, двѣ только что названныя нами сѣрнокислыя соли (магніева и желѣзная) содержатъ въ своихъ кристаллахъ на каждую молекулу самого вещества по семи молекулъ воды. Такимъ образомъ химическія формулы этихъ веществъ, когда они въ кристаллическомъ состояніи, должны писаться такъ: $MgSO_4 + 7H_2O$ и $FeSO_4 + 7H_2O$. Но эта кристаллизаціонная вода связана съ веществомъ соли сравнительно не очень прочно, связана только механически, а не химически, какъ въ углеводахъ. Путемъ нагрѣванія можно растворять кристаллы въ ихъ собственной кристаллизаціонной водѣ; выпаривъ ее, мы получаемъ вмѣсто кристалловъ некристаллическую, аморфную, твердую массу. До сихъ поръ, говоря о составѣ вещества, мы всегда имѣли въ виду вещество въ его аморфномъ состояніи; мы дѣлали это и тогда, когда говорили о различныхъ кристаллическихъ горныхъ породахъ, съ которыми кристаллизаціонная вода, до тѣхъ поръ пока эти вещества носятъ видъ и характеръ такихъ породъ, связана неразрывно. Эти факты лишній разъ показываютъ, что чѣмъ вещество по своему аггрегатному состоянію плотнѣе, тѣмъ сложнѣе получающіяся въ немъ молекулы, тѣмъ легче разрушается оно подъ вліяніемъ теплоты, что зависитъ опять таки отъ все возрастающей сложности его молекулъ.

На болѣе низкихъ ступеняхъ начинаютъ получаться настоящія механическія соединенія, то есть такія комбинаціи частицъ матеріи, которыя могутъ быть раздѣлены на составныя части путемъ чисто механическимъ; кристаллическое строеніе сплочиваетъ ихъ однако такимъ образомъ, что онѣ не могутъ свободно перемѣщаться, несмотря на то, что получающееся вещество только немногимъ плотнѣе той жидкости, изъ которой оно выдѣлилось, а иногда даже и уступаетъ ей въ плотности. Молекулы, сами по себѣ представляющія собой нѣчто цѣлое, эти перемѣщающіяся другъ относительно друга комбинаціи частей матеріи, въ веществѣ, находящемся въ жидкомъ состояніи, вѣроятно, почти всегда больше молекулъ того же вещества, когда оно дано въ состояніи газа, но меньше его моле-

куль, когда оно въ состояніи твердомъ; въ послѣднемъ случаѣ, вообще говоря, приходится предполагать наличность скорѣе механическихъ, а не химическихъ соединеній. Но дѣйствіе теплоты, раздѣляющей молекулы газовъ при диссоціаціи, въ состояніи произвести разложеніе и этого рода молекулъ. Только тутъ все большее и большее значеніе пріобрѣтаютъ силы химическія: онѣ то и препятствуютъ дѣйствію теплоты. Это свойство, эта наклонность матеріи сказываются въ томъ, что кристаллизаціонная вода, соединяясь прочно съ веществомъ, всегда стремится увеличить размѣры молекулы; мы видимъ, что на одну молекулу собственно образующаго кристаллъ вещества, приходится до десяти и болѣе присоединяющихся къ ней молекулъ кристаллизаціонной воды; это видно изъ формулъ глауберовой соли, $Na_2SO_4 + 10H_2O$, буры $Na_2B_4O_7 + 10H_2O$ и соды $NaCO_3 + 10H_2O$. Въ первомъ изъ названныхъ кристалловъ вѣсъ кристаллизаціонной воды даже больше вѣса присоединяющаго ее къ себѣ вещества: молекула глауберовой соли безъ кристаллизаціонной воды вѣситъ 142, а кристаллизаціонная вода по вѣсу одна отвѣчаетъ 180 водороднымъ атомамъ.

Непрочность присоединенія къ кристаллизующемуся веществу отвердѣвающей при этомъ процессѣ воды сказывается также въ томъ, что многіе кристаллы съ теченіемъ времени сами теряютъ часть своей воды, чѣмъ обусловливается и распаденіе ихъ какъ таковыхъ, потеря кристаллической формы; они вывѣтриваются на воздухѣ.

Въ другихъ веществахъ механическія воздѣйствія, напротивъ того, не вызываютъ потери части ихъ кристаллизаціонной воды: въ нихъ, стало быть, эта часть присоединена къ остальной массѣ кристалла химически. Примѣромъ такого вывѣтривающагося кристалла можетъ служить мѣдный купоросъ, извѣстная соль, кристаллизующаяся въ красивыхъ синихъ кристаллахъ трехклиномѣрной системы. Кто когда либо имѣлъ дѣло съ этимъ веществомъ, тотъ знаетъ, что оно вывѣтривается на воздухѣ, теряя одновременно съ этимъ свою окраску. При этомъ отъ синихъ кристалловъ отдѣляется все больше и больше бѣлый порошекъ, представляющій собой безводный мѣдный купоросъ, одинъ цвѣтъ котораго уже показываетъ, что по своимъ свойствамъ онъ отличается отъ кристаллическаго. Такимъ образомъ удаленіе воды измѣняетъ весь его составъ; обратно, снова растворивъ этотъ большой порошокъ въ водѣ, мы увидимъ, что она окрасится въ синій цвѣтъ, какъ въ томъ случаѣ, когда мы въ ней растворяемъ синіе кристаллы; и, дѣйствительно, изъ этого раствора эти кристаллы можно выдѣлить.

Вода, подобно нѣсколькимъ другимъ жидкостямъ, обладаетъ чрезвычайно замѣчательнымъ свойствомъ при отвердѣваніи вмѣстѣ съ другими веществами принимать самыя разнообразныя формы; чистая же вода при отвердѣваніи даетъ, какъ всѣ другія вещества, одни и тѣ же кристаллы ромбической или гексагональной системы, но во всевозможныхъ варіаціяхъ. Прелестныя снѣжныя звѣздочки (см. рисунокъ на стр. 533) имѣютъ именно эту форму, форму шестиугольниковъ, которые во всѣхъ своихъ измѣненіяхъ остаются всегда кристаллами гексагональной системы. Тиндалль разсказываетъ, что онъ встрѣчалъ плававшіе на водѣ ледяные цвѣты о шести листьяхъ; у нихъ даже была въ серединѣ чашечка, соотвѣтствовавшая безвоздушному пространству въ этомъ мѣстѣ.

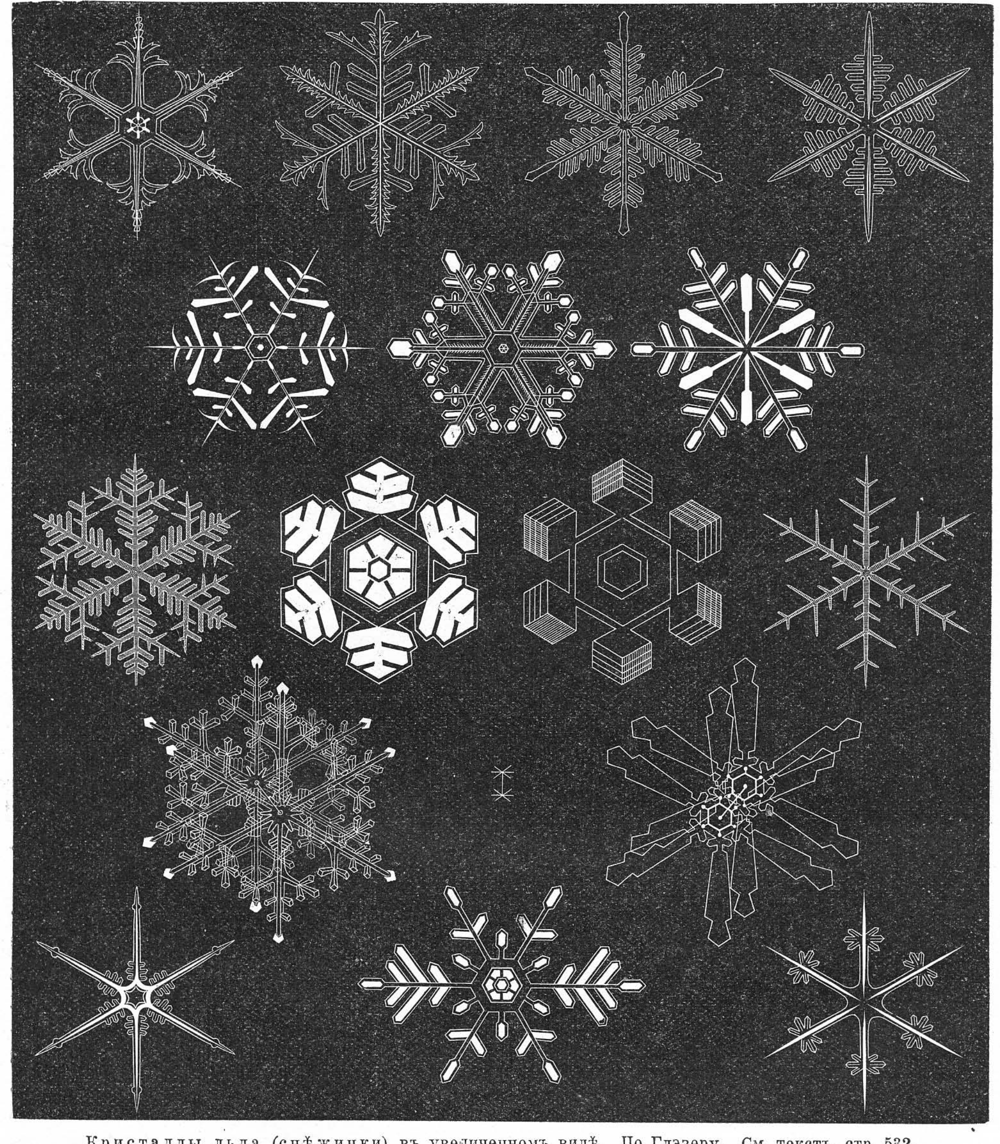
Ледъ по существу своему представляетъ кристаллическую горную породу, такую же, какъ гранитъ. Легкость, съ какой ледъ принимаетъ каждое изъ трехъ аггрегатныхъ состояній, обусловливается только тѣмъ, что наша планета въ настоящее время имѣетъ температуру не очень высокую и не очень низкую. Температура, наблюдаемая у насъ на поверхности земли, подвержена перемѣнамъ и, несомнѣнно, мало-по-малу понижается; въ силу этого, съ теченіемъ времени мѣсто воды, которая теперь на землѣ играетъ первенствующую роль въ обиходѣ природы, заступятъ, можетъ быть, другія вещества. Благодаря этому, геофизическія условія измѣнятся кореннымъ образомъ. На вершинахъ горъ и въ полярныхъ странахъ (см. рисунокъ на стр. 534) уже въ наше время ледъ носитъ характеръ горной породы, и еще въ большей мѣрѣ примѣнимо это названіе ко

льдамъ, вѣроятно, находящимся на лунѣ. При очень низкихъ температурахъ ледъ пріобрѣтаетъ такую твердость, что на немъ мы можемъ высѣкать искры, какъ на самыхъ твердыхъ камняхъ. То же самое замѣчается и по отношенію къ другимъ веществамъ; гибкій свинецъ становится на большомъ холоду хрупкимъ, масло разбивается, какъ стекло.



Кристаллы льда (снѣжинки) въ увеличенномъ видѣ. По Глэзеру. См. текстъ, стр. 532.

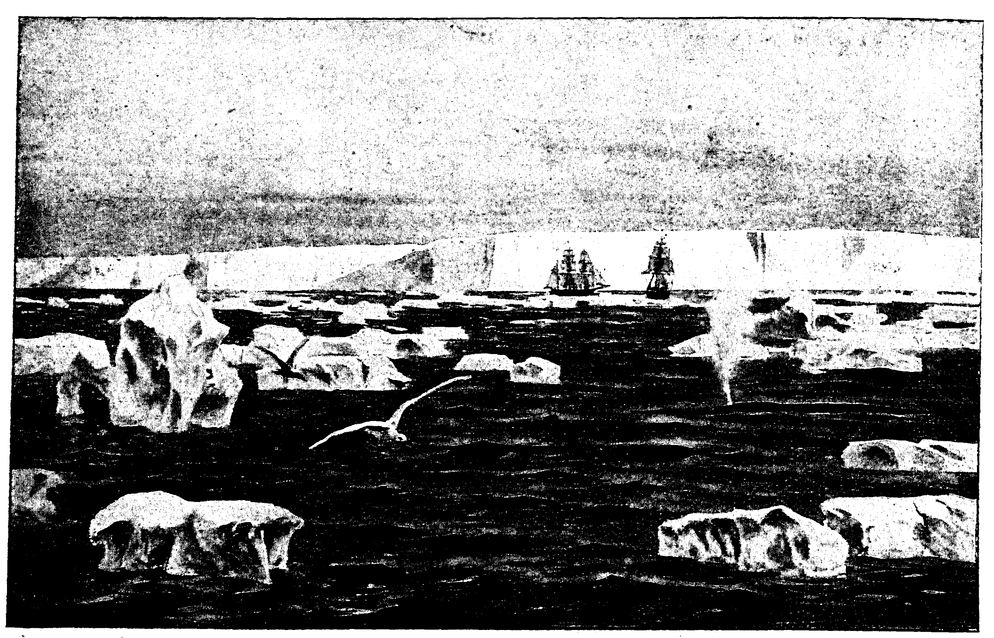
Всѣ добытые нами факты съ несомнѣнностью доказываютъ, что кристаллическая форма является видимымъ выраженіемъ невидимаго строенія молекулы того или другого соединенія или элемента; отношенія, въ которыхъ вступаютъ въ соединеніе эти атомы, названныя нами паями, ясно показываютъ, что различныя вещества построены неодинаково. Само собой разумѣется, что совсѣмъ необязательно, чтобы форма кристалла представляла собой непремѣнно увеличенную форму атома или молекулы, — это можетъ случиться только въ самыхъ рѣдкихъ случаяхъ, но мы можемъ съ достаточнымъ основаніемъ пред-



Кристаллы льда (снѣжинки) въ увеличенномъ видѣ. По Глэзеру. См. текстъ, стр. 532.

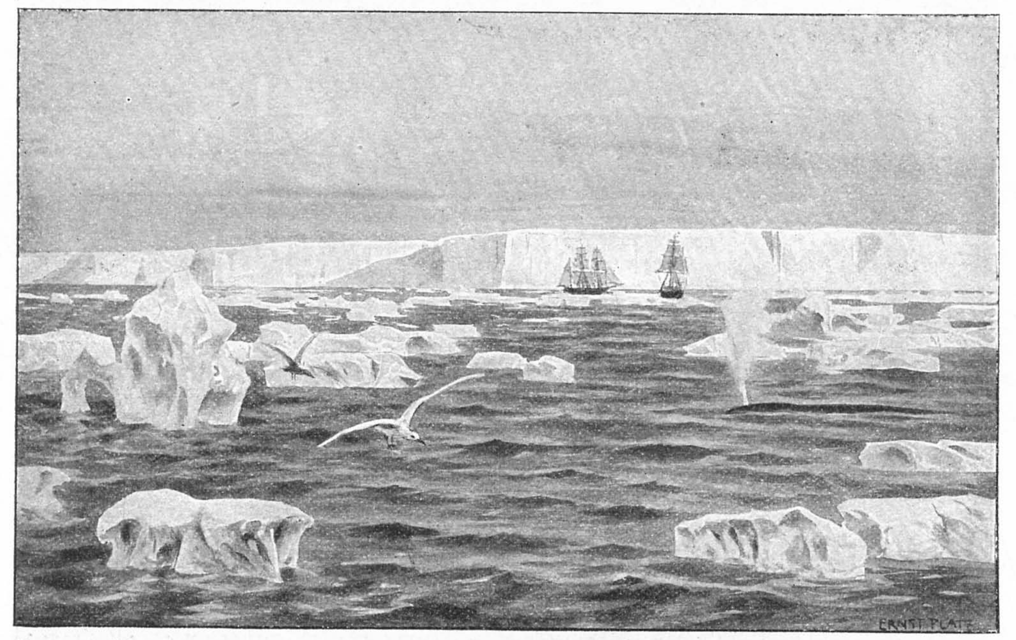
полагать, что геометрически ясно выраженныя части атомовъ представляютъ собой тѣ направленія, въ которыхъ отлагается матерія при образованіи кристалловъ. Но насколько несходны кристаллы съ тѣми, какіе соотвѣтствовали бы этимъ направленіямъ вполнѣ, видно изъ того, что въ случаѣ, скажемъ, льда, одновременно существуютъ изображенныя у насъ чудесныя звѣздочки, затѣмъ ледяные узоры и наконецъ, такія пластинки, въ которыхъ какая бы то ни было структура едва-едва видна. Предъ математикомъ, въ виду только что сказаннаго, раскрывается обширное и нелегкое поле новыхъ изслѣдованій: необходимо исчерпать всевозможныя комбинаціи формъ, получающихся путемъ сложенія наиболѣе простыхъ элементовъ.

О нѣкоторыхъ правильностяхъ можно говорить уже теперь; ихъ можно предсказать на основаніи приведенныхъ уже нами соображеній. Молекулы представляютъ собой группировку атомовъ тѣлесную. Отсюда можно предвидѣть, что чѣмъ сложнѣе химическое строеніе молекулъ, тѣмъ многообразнѣе и искуснѣе будутъ онѣ построены. Элементы будутъ кристаллизоваться въ болѣе простыхъ формахъ, нежели соединенія. Опытная провѣрка подтвердила всѣ эти предположенія:



Полярный ледъ (морены). Большая ледяная стѣна къ сѣверу отъ Mount Terror (Антарктическій океанъ). Изъ „Австраліи и Океаніи“, Сиверса. См. текстъ, стр. 532.

Изслѣдованіе, предпринятое въ этомъ направленіи Ретгерсомъ (1894 г.), показало, что изъ 40 элементовъ, принимающихъ кристаллическую форму, 20 кристаллизуется въ кристаллахъ правильной системы, 14 — въ гексагональной, въ кристаллахъ же системъ тетрагональной, ромбической и одноклиномѣрной кристаллизуется лишь по 2 элемента, и ни одинъ элементъ не даетъ кристалловъ системы триклиномѣрной. Мы видимъ отсюда, что среди кристаллическихъ формъ рѣшительно преобладаютъ тѣ, у которыхъ главныя оси другъ другу равны и взаимно перпендикулярны; по два случая приходится на долю тетрагональной системы, въ кристаллахъ которой всѣ три оси взаимно перпендикулярны, хотя одна изъ нихъ всегда короче или длиннѣе двухъ другихъ; — на долю системы ромбической, оси которой, будучи взаимно перпендикулярны, всѣ разной длины; и, наконецъ, — на долю системы одноклиномѣрной, въ которой одна изъ осей пересѣкаетъ другія подъ косыми углами; но ни одно изъ простыхъ веществъ не кристаллизуется въ



Полярный ледъ (морены). Большая ледяная стѣна къ сѣверу отъ Mount Terror (Антарктическій океанъ).
Изъ „Австраліи и Океаніи“, Сиверса. См. текстъ, стр. 532.



кристаллахъ наиболѣе неправильнаго вида, въ кристаллахъ системы трехклиномѣрной.

Изъ 67 веществъ, молекулы которыхъ состоятъ изъ двухъ неодинаковыхъ атомовъ, 46 кристаллизуется въ кристаллахъ системы гексагональной; на долю остальныхъ трехъ названныхъ нами системъ приходится соотвѣтственно 3, 2 и 3 случая кристаллизаціи, но ни одно изъ нихъ не даетъ кристалловъ системы трехклиномѣрной. Если собрать всѣ случаи кристаллизаціи веществъ, состоящихъ изъ отдѣльныхъ атомовъ или изъ молекулъ о двухъ атомахъ, то окажется, что на долю системъ правильной и гексагональной выпадаетъ 86 процентовъ общаго числа, и только 14 процентовъ приходится на долю остальныхъ системъ. Если обратиться къ веществамъ, молекулы которыхъ построены изъ трехъ атомовъ, то тутъ наблюдается нѣкоторое перемѣщеніе въ пользу кристаллизаціи въ менѣе симметричныхъ формахъ: отношеніе числа веществъ, кристаллизующихся въ системахъ правильной и гексагональной, къ остальнымъ случаямъ кристаллизаціи (въ процентахъ) равно здѣсь 53:47. Для соединеній, молекулы которыхъ состоятъ изъ четырехъ атомовъ, то же отношеніе представится числомъ 40:60.

Въ веществахъ съ молекулами о пяти атомахъ это отношеніе снова нѣсколько выравнивается, а именно тутъ на 50 случаевъ перваго рода приходится 50 случаевъ второго; одно изъ этихъ веществъ, равно какъ одно изъ тѣхъ, молекулы которыхъ состоятъ изъ трехъ атомовъ, кристаллизуется въ кристаллахъ системы трехклиномѣрной. Но по мѣрѣ того, какъ возрастаетъ сложность молекулъ, сложнѣе становится и строеніе кристалловъ. Разматривая 673 неорганическихъ соединеній, въ молекулахъ которыхъ содержится болѣе чѣмъ по пяти атомовъ, мы видимъ, что перевѣсъ на сторонѣ тѣхъ, которыя имѣютъ кристаллы сравнительно менѣе симметричные: а именно на 20 процентовъ соединеній, кристаллизующихся въ системахъ правильной и гексагональной, тутъ приходится 80 процентовъ соединеній, имѣющихъ кристаллы другихъ классовъ; этотъ перевѣсъ еще болѣе ярко выступаетъ при разсмотрѣніи соединеній органическихъ, молекулы которыхъ имѣютъ болѣе сложную структуру, чѣмъ молекулы соединеній неорганическихъ. Тутъ отношеніе въ процентахъ выражается числами 6 на 94. Среди 585 изслѣдованныхъ соединеній этого рода только 15 образуютъ кристаллы системы правильной, а 24 — кристаллы системы гексагональной. Такимъ образомъ тутъ совершенно ясно выступаетъ параллелизмъ молекулярнаго и кристаллическаго строенія матеріи. Именно въ этой области физико-химическихъ соотношеній можно скорѣе всего разсчитывать на точное опредѣленіе относящихся сюда законовъ, потому что тутъ эти правильности выражены въ видимыхъ нами ясныхъ геометрическихъ формахъ; тѣмъ не менѣе въ точныхъ выраженіяхъ эти законы смогутъ быть формулированы лишь тогда, когда весь вопросъ будетъ подвергнутъ болѣе обстоятельной, нежели теперь, разработкѣ. Эти законы имѣютъ первостепенную важность для выработки правильной теоріи молекулярныхъ движеній, потому что они позволяютъ намъ правильно представить себѣ форму тѣхъ мельчайшихъ планетъ, движенія которыхъ мы разсчитываемъ нѣкогда вычислять съ такой же достовѣрностью, какъ теперь вычисляемъ движенія настоящихъ небесныхъ свѣтилъ. Уже въ настоящее время не подлежитъ никакому сомнѣнію, что планеты-молекулы по формѣ весьма непохожи на подлинныя огромныя планеты, благодаря чему должна усложниться и механическая теорія молекулярныхъ движеній; она должна быть сложнѣе и безъ того достаточно сложной современной небесной механики, которой приходится имѣть дѣло только съ шарами или эллипсоидальными тѣлами, отстоящими другъ отъ друга на большихъ разстояніяхъ.

При разборѣ физическихъ вопросовъ намъ часто приходилось касаться свойствъ кристалловъ; всѣ относящіяся сюда данныя и факты, какъ мы видѣли, сводятся къ тому, что физическія свойства кристалловъ распредѣляются въ кристаллахъ въ соотвѣтствіи съ направленіемъ ихъ осей. Будемъ ли мы разсматривать натяженія въ кристаллахъ при сдавливаніи или

расширеніи ихъ, или тѣ, которыя наблюдаются при передачѣ тепла въ силу теплопроводности, при дѣйствіи свѣта или электричества, въ виду распредѣленія этихъ свойствъ всегда приходится признать, что должны существовать такіе слои матеріи, которые имѣютъ самое непосредственное отношеніе къ геометрической формѣ кристалла. Всѣ физическія силы, дѣйствіе которыхъ на матерію сказывается въ нѣкотораго рода движеніи (таковы, напр., теплота и электричество), проявляются въ кристаллахъ такъ, что та матерія, которая можетъ пристать къ кристаллу, должна накопляться непремѣнно по тѣмъ самымъ направленіямъ, въ которыхъ она уже сгруппирована въ этихъ кристаллахъ; другими словами, кристаллъ можетъ увеличиваться только при условіи соблюденія его собственной формы. Этотъ фактъ является непремѣннымъ слѣдствіемъ тѣхъ физическихъ свойствъ кристалловъ, съ которыми мы уже познакомились. Ясно, что кристаллъ, опущенный въ растворъ, соотвѣтствующій его строенію, будетъ расти дальше, будетъ способствовать его кристаллизаціи. Сверхъ того, совершенно понятно, что химическій составъ выкристаллизовывающихся такимъ образомъ тѣлъ не играетъ никакой роли: тутъ дѣйствуютъ силы чисто физическія, и потому важно только то, чтобы свойства этихъ веществъ допускали образованіе кристалловъ одной и той же формы; другими словами, тутъ будутъ получаться тѣ смѣшанные кристаллы, въ которыхъ въ одной и той же формѣ кристаллически сочетаются неодинаковыя вещества.

Невозможность полученія кристалловъ жидкихъ смѣсей въ томъ случаѣ, когда онѣ составлены произвольно, является несомнѣннымъ доказательствомъ того, что форма молекулъ вещества и видъ его кристалловъ опредѣленно связаны другъ съ другомъ; въ противномъ случаѣ, силы, присущія любому кристаллу, могли бы заставить каждое близкое къ состоянію кристаллизаціи вещество выкристализовываться на немъ непремѣнно въ его формѣ. Но какъ изъ кубовъ нельзя сложить тѣла, сѣченіе котораго было бы треугольникомъ, такъ нельзя получить смѣшанныхъ кристалловъ изъ раствора поваренной соли и мѣднаго купороса.

Эта зависимость между физическими силами и химическими свойствами кристаллизующихся веществъ — въ сущности чисто внѣшняя, обусловленная одними внѣшними формами кристалловъ; въ однихъ случаяхъ одинаковость или большое сходство, если можно такъ выразиться, строительнаго матеріала дѣлаетъ возможнымъ дальнѣйшее построеніе кристалла по прежнему плану, въ другимъ случаяхъ это является невозможнымъ. Но если предположить во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, гдѣ атомы образовали только что сказанныя соединенія, наличность такого опредѣленнымъ образомъ сформированнаго строительнаго матеріала, то необходимо допустить, что получающіяся при этомъ молекулы должны состоять изъ кристалловъ или элементовъ кристалловъ, надѣленныхъ тѣми самыми способностями, которыя были причиной образованія большихъ кристалловъ, обусловившихъ своимъ погруженіемъ въ растворъ вполнѣ понятный намъ процессъ его кристаллизаціи, но это значитъ, что кристаллизація непремѣнно должна начаться съ того самаго момента, какъ физическія условія позволятъ достаточно сблизиться соотвѣтственнымъ частямъ матеріи, и притяженія, обусловливаемыя молекулярными кристалликами, могутъ проявить свое дѣйствіе. Такимъ образомъ всѣ извѣстныя намъ физическія свойства кристалловъ являются только слѣдствіемъ внѣшней формы ихъ молекулъ. Мы снова пришли къ заключенію, что всѣ законы видимыхъ свойствъ матеріи обусловливаются двумя ея геометрическими свойствами: ея протяженностью и ея движеніемъ.

Но эти свойства кристалловъ зависятъ только отъ опредѣленности группировки молекулъ, которая лучше всего осуществляется въ тѣлахъ твердыхъ, но въ извѣстной степени поддерживается и въ тѣлахъ жидкихъ, а потому нельзя напередъ отрицать возможности существованія жидкихъ кристалловъ.

Извѣстное число жидкостей органическаго происхожденія обладаетъ, на подобіе извѣстной намъ винной кислоты (стр. 462) оптическими свойствами, напримѣръ, способностью вращать плоскость поляризаціи, способностью, присущей только настоящимъ кристалламъ; мы знаемъ это уже по сахарнымъ

растворамъ. Свойство это опять таки доказываетъ присутствіе въ этихъ жидкостяхъ мельчайшихъ кристалловъ, по величинѣ соотвѣтствующихъ молекуламъ, другими словами, доказываетъ кристаллическое строеніе самихъ молекулъ. Въ послѣднее время открыты даже двупреломляющія жидкости; капли ихъ, какъ было потомъ найдено, должны носить характеръ такъ называемыхъ сферическихъ кристалловъ, въ которыхъ матерія распредѣлена лучеобразно (Леманъ); такое распредѣленіе матеріи необходимо обусловливаетъ двойное лучепреломленіе. Въ этомъ состояніи жидкость бываетъ мутна, прозрачность ея уменьшается какъ бы подъ вліяніемъ примѣси мельчайшихъ частицъ, эмульсіи. Но если эту жидкость подогрѣть, она просвѣтляется, теряя въ то же время свои необычайныя оптическія свойства. Такимъ образомъ едва ли можно сомнѣваться въ томъ, что эта муть обусловлена присутствіемъ въ жидкости мельчайшихъ кристалликовъ, которые, несмотря на свою твердость, вліянія, въ смыслѣ измѣненія характера жидкости, какъ таковой, не оказываютъ и при нагрѣваніи расплавляются.

Наконецъ, маленькіе, мягкіе кристаллы существуютъ, какъ мы уже сказали, въ разныхъ организмахъ; это такъ называемые кристаллоиды; будучи упругими, они уступаютъ каждому давленію, но тотчасъ же опять принимаютъ свою прежнюю форму. Безъ всякаго сомнѣнія, они обязаны своимъ возникновеніемъ тѣмъ самымъ свойствамъ матеріи, благодаря которымъ произошли обыкновенные кристаллы: сохраняя, вслѣдствіе извѣстной формы молекулъ, несмотря на свое жидкое состояніе, нѣкоторую особенную группировку, постепенно сгущаясь, они пришли, наконецъ, въ то характерное „коллоидальное“ состояніе, которое свойственно столь многочисленнымъ органическимъ соединеніямъ.

Прежде чѣмъ заняться дальнѣйшимъ изученіемъ свойствъ тѣлъ собственно твердыхъ, мы должны предварительно разсмотрѣть именно это коллоидальное, студенеобразное состояніе, являющееся какъ бы промежуточнымъ звеномъ, связующимъ твердое и жидкое состоянія. Коллоидальныя тѣла, если не говорить объ упомянутыхъ нами загадочныхъ кристаллахъ органическаго происхожденія, отличаются отъ всѣхъ остальныхъ веществъ тѣмъ, что растворы ихъ не кристаллизуются, а переходятъ въ то своеобразное состояніе, которое носитъ названіе студенистаго, желеобразнаго; примѣрами такого желеобразнаго состоянія могутъ служить желатина и вареный клей. Въ виду этого можно было бы разбить всѣ вещества на двѣ, рѣзко отличающіяся другъ отъ друга, группы: на тѣла, образующія кристаллы, и на тѣла коллоидальныя. Всякій студень представляетъ собой вещество съ удивительнымъ сочетаніемъ свойствъ тѣлъ твердыхъ и жидкихъ. Мельчайшія частицы студенистыхъ веществъ до извѣстной степени легко могутъ перемѣщаться другъ относительно друга, оказывая при этомъ сопротивленіе, едва ли сколько-нибудь замѣтно превышающее сопротивленіе кашицеобразныхъ растворовъ. Но какъ только давленіе прекращается, частицы студня снова возвращаются въ свое прежнее положеніе; такимъ образомъ, студенистыя вещества обладаютъ ясно выраженными упругими свойствами. Но при обыкновенныхъ условіяхъ отдѣльныя частицы студня не мѣняютъ взаимнаго положенія другъ относительно друга, а потому вещества, составленныя изъ такого рода частицъ, надо отнести къ тѣламъ твердымъ; такимъ образомъ, студень представляетъ собой упругое твердое тѣло очень небольшой плотности. Коллоидальное состояніе принимаютъ не только растворы такихъ органическихъ веществъ, какъ крахмалъ, камедь, декстринъ, клей, бѣлокъ и таннинъ, но также и вещества неорганическія; таковы, напримѣръ, кремнекислота, глиноземъ, окись желѣза, сѣрнистая сурьма, сѣрнистыя мѣдь, серебро и платина.

Надо замѣтить, что коллоидальнымъ состояніемъ нельзя считать того переходного состоянія между твердымъ и жидкимъ состояніями, которое, обладая большей или меньшей степенью устойчивости, наступаетъ при отвердѣваніи всѣхъ растворовъ, если какъ-либо замедлить ихъ кристаллизацію. Въ тѣлахъ коллоидальныхъ приходится, вѣроятно, имѣть дѣло съ совершенно исключительными молекулярными дѣйствіями, свойственными только нѣкоторымъ особеннымъ тѣламъ;

эти молекулярныя дѣйствія представляютъ для насъ особый интересъ главнымъ образомъ благодаря тому, что они позволятъ намъ, какъ это можно думать, углубить наши представленія о молекулярномъ строеніи матеріи. Особенно пригодятся намъ теперь наши изслѣдованія надъ разведенными растворами. Вспомнимъ, что мы нашли, что наблюдаемое въ этихъ растворахъ осмотическое давленіе даетъ вѣрное представленіе о величинѣ молекулъ. Если приготовить водный растворъ камеди, приблизительно однопроцентный, то, разсматривая его, мы совершенно не замѣтимъ его коллоидальности; растворъ по виду ничѣмъ не отличается отъ всякой другой жидкости. Но тѣмъ не менѣе онъ обладаетъ существенными отличительными свойствами: его осмотическое давленіе очень мало, и одновременно съ этимъ замѣчается незначительное пониженіе точки отвердѣванія (см. стр. 172). Сопоставляя эти данныя съ соотвѣтственными числами, характеризующими такой же растворъ сахара, можно найти отношеніе молекулярныхъ вѣсовъ камеди и сахара. Такимъ путемъ установленъ былъ чрезвычайно интересный фактъ: коллоидальныя тѣла, какъ оказывается, состоятъ изъ молекулъ весьма значительной величины. Такъ молекулярный вѣсъ камеди равняется 3500, бѣлка 14000, крахмала 25000, а вѣсъ молекулы кремнекислоты доходитъ даже до 49000. Не надо однако забывать, что такимъ значительнымъ вѣсомъ обладаютъ сказанныя тѣла тогда, когда они взяты въ формѣ разведенныхъ растворовъ; совсѣмъ не то можетъ оказаться въ томъ случаѣ, когда эти растворы застынутъ, будутъ въ состояніи коллоидальномъ. Эти числа могутъ дать основаніе думать, что эти вещества представляютъ собой въ такомъ состояніи нѣчто въ родѣ эмульсіи, и что тутъ въ одномъ веществѣ взвѣшены очень небольшія частицы другого вещества, но тѣмъ не менѣе такія, что въ микроскопъ ихъ все-таки разглядѣть можно. Вспомнимъ поэтому, что атомъ водорода вѣситъ лишь $8{,}2 \times 10^{-22}$ мгр.: такимъ образомъ молекулъ кремнекислоты, вѣсящихъ 49000, придется на одинъ миллиграммъ во всякомъ случаѣ около 25000 билліоновъ (25 съ 15 нулями). Тѣмъ не менѣе по величинѣ молекулъ ни одно кристаллизующееся тѣло не приближается хоть сколько-нибудь къ тѣламъ коллоидальнымъ. Такимъ образомъ намъ снова приходится убѣдиться въ стремленіи матеріи образовывать все большія и большія системы.

Когда коллоидальный растворъ застынетъ и обратится въ студень, молекулы его расположатся извѣстнымъ образомъ другъ относительно друга и образуютъ родъ ткани, заступающей тутъ мѣсто кристаллическаго строенія въ кристаллахъ. Съ одной стороны, эта „ткань“ дѣлаетъ то, что студень пріобрѣтаетъ упругость, съ другой же стороны, она обусловливаетъ появленіе особыхъ капиллярныхъ дѣйствій, студенистыя вещества обладаютъ всасывающей силой и, будучи положены въ воду, набухаютъ. Сила эта необычайно велика; она позволяетъ куску дерева, напитавшемуся водой, разрывать самые твердые камни. Выкристаллизованіе ткани, если только такъ можно выразиться, свойственное такимъ органическимъ обладающимъ клѣтками веществамъ, какъ крахмалъ и бѣлокъ, наблюдается также и въ неорганической природѣ. Если допустить, что все явленіе сводится къ особаго рода тонкому сплетенію кристалловъ, имѣющихъ, скажемъ, форму иглъ, напоминающихъ тѣ иглы, которыя мы видимъ на ледяныхъ узорахъ, то такое представленіе дастъ намъ механическое объясненіе одного изъ наиболѣе важныхъ физіологическихъ процессовъ.

Весьма замѣтную роль въ жизненныхъ явленіяхъ играетъ также и другое свойство коллоидовъ. Мы знаемъ, что изъ нихъ приготовляются тѣ „полупроницаемыя перегородки“ (стр. 519), которыя пропускаютъ всякого рода растворы, но только не молекулы даннаго раствореннаго вещества. Такимъ образомъ, строеніе коллоидальной ткани оказывается настолько мелкимъ, что слишкомъ большія сравнительно съ нимъ молекулы того же вещества диффундировать не могутъ. Но къ такого рода тканямъ относятся оболочки органическихъ клѣтокъ; благодаря этому, онѣ пропускаютъ тѣ вещества, которыя способствуютъ дальнѣйшему росту клѣтки, коллоидальныя же вещества остаются снаружи и способствуютъ укрѣпленію самихъ стѣнокъ клѣтки.

Между состояніями кристаллическимъ и коллоидальнымъ можно помѣстить такъ называемое аморфное состояніе; оно характеризуется отсутствіемъ какой бы то ни было опредѣленности въ строеніи. Но легко можетъ случиться, что вещество, находящееся въ аморфномъ состояніи, представляетъ собой очень твердое студенеобразное; примѣромъ такого вещества можетъ служить стекло. Стекло обладаетъ всѣми свойствами студней, оно обладаетъ той же исключительной упругостью, какъ и студни; отъ желатины стекло отличается только сравнительно большой плотностью. Но оптическія стекла обладаютъ всѣми свойствами кристалловъ, притомъ кристалловъ правильной системы, а потому мы можемъ видѣть въ этомъ фактѣ дальнѣйшее подтвержденіе той мысли, что въ основѣ коллоидальнаго состоянія лежитъ извѣстнаго рода кристаллизація. Такъ стекло, какъ извѣстно, состоитъ въ значительной мѣрѣ изъ кремнекислоты, а она въ своей растворимой въ водѣ формѣ (жидкое стекло) представляетъ собой настоящій коллоидъ съ очень большими молекулами.

Тѣла некристаллическія твердыя, а, стало быть, аморфныя, обладаютъ неодинаковой твердостью; аморфныя тѣла одинаковой или почти одинаковой плотности могутъ имѣть въ этомъ отношеніи самыя разнообразныя свойства: одни изъ нихъ хрупки, другія тверды, но въ то же время упруги, третьи гибки, мягки и т. д. Причина этого разнообразія, быть можетъ, кроется въ томъ, что эти тѣла представляютъ собой смѣси вещества кристаллическаго и коллоидальнаго. Ломкость вещества доказываетъ въ значительной мѣрѣ его кристаллическій характеръ; во многихъ такихъ тѣлахъ и обломки отличаются явно кристаллическимъ характеромъ. Такія мягкія тѣла, какъ свинецъ, по этой теоріи состоятъ изъ коллоидальной ткани, клѣтокъ, въ которыхъ содержится жидкій свинецъ. Что свинецъ, не взирая на температуру, которая выше его точки плавленія, остается тутъ жидкимъ, можно объяснить тѣмъ, что благодаря сильному давленію, испытываемому имъ въ сказанной ткани со стороны силъ капиллярности, точка плавленія его понижается. Въ другихъ веществахъ преимущественное положеніе принадлежитъ коллоидальной части вещества; такія вещества (сталь и прочіе металлы), несмотря на свою плотность обладаютъ упругостью. Такимъ образомъ, согласно этому взгляду, аморфное состояніе, которое, казалось бы, можно было признать болѣе простымъ, нежели состояніе кристаллическое, оказывается наиболѣе сложнымъ въ смыслѣ распорядка создающихъ его мельчайшихъ матеріальныхъ частицъ. Во всякомъ случаѣ едва ли можно найти простое объясненіе различія свойствъ, пріобрѣтаемыхъ однимъ и тѣмъ же тѣломъ подъ вліяніемъ соотвѣтственной обработки и прибавленія къ нему незначительныхъ примѣсей, какъ это мы видѣли при переходѣ чугуна, съ одной стороны, въ мягкое желѣзо, съ другой стороны, въ твердую, упругую сталь (см. стр. 422). Во многихъ случаяхъ, въ такъ называемыхъ кристаллическихъ горныхъ породахъ мы находимъ вполнѣ сформированные кристаллы; они встрѣчаются вкрапленными въ аморфную расплавленную массу. Предполагали, что тутъ мы имѣемъ дѣло съ прерваннымъ процессомъ кристаллизаціи, но при тѣхъ анормальныхъ условіяхъ, въ которыхъ находится, скажемъ, гранитъ уже безчисленные милліоны лѣтъ, можно предположить и другое, а именно, что процессъ кристаллизаціи совершается тутъ въ твердой горной породѣ. Дѣйствительно, внутри земли, гдѣ и давленіе, и температура необыкновенно велики, матерія, можно думать, находится въ состояніи вязкомъ, а потому смежныя молекулы ея обладаютъ извѣстной свободой перемѣщенія, сказывающейся за нѣсколько тысячъ лѣтъ вполнѣ замѣтно; такимъ образомъ тутъ могутъ дѣйствовать тѣ молекулярныя силы, которыя вызываютъ процессъ кристаллизаціи. Несмотря на то, что такъ называемыя архейскія горныя породы обладаютъ характеромъ кристаллическимъ, ихъ можно, подобно верхнимъ слоямъ земной коры, также считать осадочными, осадившимися изъ моря. Что же касается до ихъ кристаллической формы, то онѣ могли ее пріобрѣсти уже послѣ того, какъ долгое время пробыли подъ поверхностью земли, внутри ея. Геологи приводятъ не одно соображеніе въ пользу осадочнаго происхожденія архейскихъ горныхъ породъ, и довольно часто, какъ будто и въ самомъ дѣлѣ, въ этихъ породахъ можно

указать существованіе слѣдовъ напластованія. Съ другой стороны, можно указать такіе случаи, гдѣ при всей несомнѣнности осадочности породъ, давленіе настолько уничтожило всѣ слѣды слоевъ, что ихъ совершенно невозможно открыть.

Совершенно особое мѣсто занимаютъ тѣла металлическія. Они настолько характерны, что, за исключеніемъ немногихъ переходныхъ случаевъ, каждый свободно отличитъ металлъ отъ не-металла. Бросается въ глаза въ металлахъ ихъ металлическій блескъ, являющійся слѣдствіемъ весьма значительной въ этихъ веществахъ способности поглощать и отражать свѣтъ. Всѣ металлы гораздо болѣе непрозрачны, то есть лучше поглощаютъ или отражаютъ свѣтъ, чѣмъ не-металлы. Очень тонкіе слои металловъ для свѣта уже совершенно непрозрачны; если они пропускаютъ свѣтъ, то только въ незначительной мѣрѣ и притомъ извѣстнаго цвѣта, дополнительный къ которому примѣшивается къ окраскѣ блеска даннаго металла. Это поглощеніе свѣта тѣсно связано съ свойствами металловъ по отношенію къ электричеству, которыя мы разсмотримъ въ одной изъ ближайшихъ главъ (8-ой). Но мы уже знаемъ, что и въ этомъ отношеніи металлы рѣзко отличаются отъ другихъ тѣлъ.

Отличіе металловъ отъ металлоидовъ съ точки зрѣнія химизма охарактеризовано въ достаточной степени уже въ предыдущемъ отдѣлѣ нашей книги. Намъ остается только прибавить, что тѣла, принадлежащія къ одному изъ этихъ классовъ ни въ какомъ случаѣ не могутъ просто растворяться въ тѣлахъ другого класса; другъ съ другомъ они могутъ образовать только несомнѣнныя химическія соединенія; зато металлъ съ металломъ и металлоидъ съ металлоидомъ могутъ образовывать смѣси, сочетаясь другъ съ другомъ во всевозможныхъ отношеніяхъ. Такія смѣси, если взяты металлы, называются, какъ мы сказали, сплавами; разсмотрѣнію ихъ мы посвятили не мало мѣста. Цинкъ растворяется въ мѣди, винный спиртъ въ водѣ, но ни цинкъ, ни мѣдь не растворяются ни въ водѣ, ни въ спиртѣ; само собой разумѣется, что это замѣчаніе не относится къ соединеніямъ тѣлъ: мы знаемъ, что соли металловъ въ водѣ, по большей части, прекрасно растворяются.

Если металлъ переходитъ въ состояніе газообразное, то при этомъ теряетъ свои электрическія и оптическія свойства, которыя придавали ему характеръ металла. Такимъ образомъ, металлическій видъ и металлическія свойства вещества обусловливаются его молекулярнымъ строеніемъ, притомъ до тѣхъ поръ, пока оно находится въ состояніи твердомъ или жидкомъ. Но о металлахъ судить правильно мы сможемъ лишь тогда, когда объяснимъ себѣ во всѣхъ подробностяхъ свойства состоянія аморфнаго. Мы говоримъ это потому, что вещество въ формѣ металловъ представляетъ по своему строенію, какъ можно думать, отчасти тѣло кристаллическое, отчасти аморфное.

Теперь, какъ и раньше, въ первой части этого сочиненія, въ отдѣлѣ физики, мы разсмотрѣли всѣ аггрегатныя состоянія матеріи, обусловленныя той или иной температурой. Но въ этой послѣдней главѣ мы выдвинули на первый планъ химическую природу веществъ, о которой при первомъ обзорѣ мы не могли сказать ничего. При этомъ выяснилось, что всѣ извѣстныя намъ вещества, при соотвѣтственномъ измѣненіи температуры принимаютъ, какъ можно съ большой вѣроятностью предполагать, всѣ аггрегатныя состоянія. Въ то же время было установлено, что для перевода различныхъ веществъ въ одно и то же аггрегатное состояніе, требуется сообщить каждому изъ такихъ тѣлъ или отнять отъ него далеко не одинаковыя количества тепла; эти количества тепла опредѣляются каждый разъ величиной и характеромъ группировки тѣхъ скопленій матеріи, которыя мы называемъ молекулами. Но удаленіе теплоты изъ тѣла или прибавленіе ея къ нему равносильно соотвѣтственному измѣненію запаса его энергіи, поэтому по химическимъ и физическимъ измѣненіямъ состоянія вещества можно судить и объ измѣненіяхъ общаго запаса энергіи, совершающихся при этихъ процессахъ въ молекулярныхъ системахъ. Прямому наблюденію доступна только часть этого общаго запаса энергіи, объ энергіи внутримолекулярныхъ процессовъ можно судить лишь путемъ непрямого изслѣдованія.

Поэтому химическія явленія въ данномъ вопросѣ должны непремѣнно сослужить большую службу. Всѣ изслѣдованія, произведенныя въ этомъ направленіи, позволяютъ установить слѣдующія термохимическія положенія, открытыя Бертело:

1) Количество теплоты, развивающееся при какой-либо реакціи, служитъ мѣрой суммы совершаемыхъ при этомъ физическихъ или химическихъ работъ.

2) Если дана какая-нибудь система простыхъ или сложныхъ тѣлъ, находящихся въ опредѣленныхъ условіяхъ, но претерпѣвающихъ тѣ или иныя физическія или химическія соединенія, благодаря которымъ вся система, не испытывая никакихъ механическихъ воздѣйствій извнѣ, переходитъ въ новое состояніе, то количество теплоты, выдѣляющееся или поглощаемое при этихъ измѣненіяхъ, зависитъ исключительно отъ начальнаго и конечнаго состояній системы и совершенно не зависитъ отъ характера и порядка слѣдованія промежуточныхъ состояній.

3) Всѣ химическія измѣненія, совершающіяся, помимо какого бы то ни было участія посторонней энергіи, ведутъ къ образованію такого тѣла или такой системы тѣлъ, которыя освобождаютъ по возможности наибольшее количество тепла.

Первое и второе положенія вытекаютъ непосредственно изъ основного принципа, принципа сохраненія энергіи. Если бы между получающимся при реакціи количествомъ тепла и производимой имъ работой не было бы никакой зависимости, то извѣстное количество его могло бы образоваться совершенно самостоятельно. Можно также представить себѣ такую послѣдовательность процессовъ, при которой конечное состояніе и начальное тождественны, то есть при которой тепло въ итогѣ не производится и не расходуется; тепло, вводимое въ кругъ, не уничтожается, и потому тутъ либо теплота получалась бы изъ ничего, либо потеря ея не была бы ничѣмъ возмѣщена. Это положеніе носитъ названіе закона постоянства количествъ тепла; въ теоретическихъ вопросахъ приложеніе его часто имѣетъ важное значеніе. Законъ этотъ былъ открытъ Гессомъ еще въ 1840 г., то есть въ то время, когда основной законъ сохраненія энергіи еще не получилъ своей опредѣленной формулировки, но, конечно, уже, такъ сказать, носился въ воздухѣ. Оба закона въ сущности говорятъ объ одномъ и томъ же, о томъ, что показано нами уже гораздо раньше, а именно, что и химическіе процессы вполнѣ подчиняются тѣмъ общимъ законамъ, которые, какъ мы нашли, управляютъ всѣми физическими процессами; другими словами, они показываютъ, что всѣ химическіе процессы, въ концѣ концовъ, процессы тѣ же физическіе и что, какъ бы ни были различны на видъ явленія физическія и химическія, принципіальной разницы между ними нѣтъ.

Наконецъ, третье положеніе совпадаетъ съ тѣмъ, что мы знаемъ изъ изслѣдованія процессовъ физическихъ: а именно оно соотвѣтствуетъ положенію, согласно которому постоянно уменьшается внутренняя энергія, напряженіе, потенціалъ, и возрастаетъ производимая за ихъ счетъ внѣшняя работа. Это законъ постояннаго возрастанія „энтропіи" вселенной. Раньше мы видѣли, что системы свѣтилъ увеличиваются, что матерія продолжаетъ сгущаться все болѣе и болѣе, что теплота можетъ переходить только отъ болѣе теплаго къ болѣе холодному тѣлу, теперь мы видимъ, что результатомъ химическихъ процессовъ является стремленіе образовывать все большія и большія скопленія атомовъ, все большія и большія молекулы, все большія и большія группы молекулъ. Онѣ образуются съ выдѣленіемъ тепла, которое можетъ быть употреблено на другія цѣли, можетъ быть отчасти затрачено на процессъ обратнаго характера, на процессъ растворенія получающихся соединеній. Съ тѣхъ поръ какъ существуетъ земля, огромныя количества кислорода соединяются съ другими химическими элементами; окисленіе это сопровождается всегда выдѣленіемъ тепла, но лишь сравнительно ничтожное количество газа освобождается

изъ полученныхъ соединеній. Температура нашей планеты и другихъ свѣтилъ, по крайней мѣрѣ, постольку, поскольку имѣется въ виду вся совокупность дѣйствій, уменьшается постоянно, потому что ихъ теплота должна отдаваться окружающему холодному пространству. Вслѣдствіе этого, химическіе процессы должны совершаться между молекулами все болѣе и болѣе возрастающими по величинѣ и плотности. Такимъ образомъ, и эти мельчайшія системы свѣтилъ стремятся постепенно къ той же цѣли, что и большія свѣтила на небѣ. Принципіально оба рода системъ другъ отъ друга ничуть не отличаются. Мы уже говорили, къ какимъ послѣдствіямъ должно привести, въ концѣ концовъ, такое постепенное замедленіе и, наконецъ, совершенная пріостановка жизнедѣятельности вселенной (стр. 187). Въ концѣ сочиненія мы опять возвращаемся къ этому вопросу.

7. Химическія свойства матеріи и свѣтъ.

а) Вліяніе химическихъ свойствъ матеріи на свѣтъ.

Въ отдѣлѣ физики мы уже видѣли, что лучистая теплота и свѣтъ представляютъ собой движенія эѳира одного и того же порядка (стр. 184), а потому мы можемъ сразу предположить, что химическія явленія дѣйствуютъ на свѣтъ такъ же, какъ и на теплоту, но что, въ виду значительной разницы въ количествахъ энергіи, требуемой для распространенія свѣта и теплоты, въ томъ и другомъ случаѣ должны получаться дѣйствія въ количественномъ отношеніи неодинаковыя. Сравнительно болѣе грубыя тепловыя колебательныя движенія гораздо сильнѣе сотрясаютъ молекулярный составъ химическихъ системъ, чѣмъ необыкновенно деликатныя свѣтовыя колебанія, но зато малость свѣтовыхъ колебаній позволяетъ имъ легче, чѣмъ тепловымъ, проникать вглубь матеріи, вплоть до тончайшихъ звеньевъ молекулярной структуры.

Прежде чѣмъ изслѣдовать эти взаимодѣйствія, разобьемъ ихъ на двѣ большихъ группы; во-первыхъ, на тѣ измѣненія, которыя производитъ уже извѣстное намъ молекулярное строеніе матеріи, въ падающихъ на матерію, отражающихся отъ нея или производимыхъ ею свѣтовыхъ волнахъ, во-вторыхъ, на тѣ дѣйствія, которыя свѣтъ по закону дѣйствія и противодѣйствія производитъ при этомъ въ молекулярномъ строеніи.

О первой группѣ дѣйствій намъ уже многократно приходилось говорить при изученіи физическихъ явленій. Мы видѣли, что всѣ оптическія свойства тѣла зависятъ отъ особенностей строенія даннаго вещества. Благодаря этому, и спектроскопъ сталъ орудіемъ химическаго анализа, благодаря этому, былъ созданъ и спектральный анализъ. Съ спектральнымъ анализомъ мы уже подробно познакомились, стараясь изъ устанавливаемыхъ при помощи его фактовъ либо извлечь новые оптическіе законы, либо подтверждать уже найденные. Теперь же мы должны попробовать рѣшить, можно ли найти связь между спектроскопическимъ характеромъ вещества и его молекулярнымъ строеніемъ. Если волны свѣта дѣйствительно производятся колебаніями молекулъ или колебаніями атомовъ въ молекулярныхъ системахъ, если онѣ испытываютъ извѣстныя измѣненія при сообщеніи атомамъ эѳира, проникающимъ въ такія системы, то свѣтовыя колебанія должны служить безусловно вѣрнымъ отраженіемъ молекулярнаго строенія того или другого вещества. Еслибъ это было такъ, то оптическія изслѣдованія дали бы намъ въ руки вѣрнѣйшее средство къ установленію правильныхъ представленій о строеніи этихъ мельчайшихъ системъ.

Къ сожалѣнію, изслѣдованія этихъ интересныхъ соотношеній въ этомъ направленіи предприняты весьма недавно, и потому попытки разобраться въ массѣ отдѣльныхъ явленій и найти пути, ведущіе къ поставленной цѣли, до сихъ поръ не увѣнчались сколько-нибудь замѣтнымъ успѣхомъ. Вспомнимъ только, что многіе химическіе элементы характеризуются сотнями и даже тысячами спектральныхъ линій. Но все, что было найдено въ этомъ направленіи, вполнѣ подтверждаетъ установленную нами раньше точку зрѣнія на этотъ невидимый міръ міровъ; спектроскопъ позволяетъ намъ въ этотъ міръ заглянуть.

Итакъ, разъ число и распредѣленіе спектральныхъ линій стоитъ въ прямой связи съ молекулярнымъ строеніемъ того или иного вещества, то можетъ на первый взглядъ показаться удивительнымъ, что большинство химическихъ элементовъ, которые, будучи переведены въ газообразное состояніе, имѣютъ молекулы всего о двухъ атомахъ, вызываетъ между тѣмъ при движеніи этихъ простыхъ системъ массу волнъ различной длины, напримѣръ, въ случаѣ желѣза, число линій доходитъ до нѣсколькихъ тысячъ.

Но необходимое дополнительное замѣчаніе по этому поводу мы уже сдѣлали въ главѣ объ оптикѣ (стр. 228); а именно мы указали, что любой свѣтовой тонъ можетъ вызвать цѣлый рядъ „обертоновъ“; между длинами соотвѣтствующихъ этимъ обертонамъ волнъ должны существовать простыя числовыя отношенія, которыя во многихъ случаяхъ и могутъ быть опредѣлены. Но даже при изслѣдованіи самыхъ простыхъ спектровъ для математическаго выраженія длинъ волнъ, соотвѣтствующихъ линіямъ этихъ спектровъ, приходилось допускать существованіе цѣлыхъ серій волнъ. Только простѣйшее химическое вещество, водородъ, составляетъ исключеніе; волны, характеризующія его линіи, принадлежатъ, какъ мы уже говорили на стр. 229, къ одной и той же серіи. Такимъ образомъ водородъ издаетъ какъ бы одинъ свѣтовой аккордъ; длины составляющихъ его волнъ могутъ быть найдены при помощи данной Бальмеромъ формулы $\lambda = 364{,}72 \frac{m^2}{m^2-4}$, въ милліонныхъ доляхъ миллиметра, путемъ подстановки въ нее ряда натуральныхъ чиселъ, начиная съ 3. Это послѣднее ограниченіе вызывается тѣмъ, что при $m = 1$, формула даетъ для λ отрицательное значеніе, а для $m = 2$ безконечно большое. Что касается другихъ изслѣдованныхъ до сихъ поръ веществъ, то длины соотвѣтственныхъ волнъ находятся тутъ при помощи такой формулы: $\lambda = A - \frac{B}{m^2} - \frac{C}{m^4}$, гдѣ A, B и C постоянныя, опредѣляемыя для каждаго отдѣльнаго вещества при помощи особаго пріема, о которомъ тутъ мы, впрочемъ, говорить не будемъ.

Такъ какъ, начиная съ 3, m можетъ увеличиваться безпредѣльно, то каждой серіи волнъ можетъ соотвѣтствовать безчисленное множество линій.

Сверхъ того, каждое вещество характеризуется цѣлымъ рядомъ подобныхъ серій, но изъ нихъ до сихъ поръ вычислено только двѣ. Съ помощью этой формулы Кайзеръ и Рунге подвергли изслѣдованію элементы, составляющіе первые три вертикальные столбцы періодической системы (стр. 495) и получили слѣдующія значенія для постоянныхъ A, B и C.

	Атомный вѣсъ.	Первая серія (побочная)			Вторая серія (побочная)			v	$\frac{v}{a^2}$
		A	B	C	A	B	C		
Li	7	28 587	109 625	1 847	28 667	122 391	231 700	—	—
Na	23	24 475	110 065	4 148	24 549	120 726	197 891	17	325
K	39	21 991	114 450	111 146	22 021	119 363	62 506	57	381
Rb	86	20 939	121 193	134 616	—	—	—	234	322
Cs	133	19 743	122 869	305 824	—	—	—	545	309
Cu	63	31 592	131 150	1 085 060	31 592	124 809	440 582	249	622
Ag	108	30 712	130 621	1 093 823	30 696	123 788	394 303	921	794
Mg	24	39 796	130 398	1 432 090	39 837	125 471	518 781	41	713
Ca	40	33 919	123 547	961 696	34 041	120 398	346 067	102	638
Sr	88	31 031	122 328	837 473	—	—	—	394	517
Zn	65	42 945	131 641	1 236 125	42 955	126 919	532 850	386	918
Cd	112	40 755	128 635	1 289 619	40 797	126 146	555 137	1159	929
Hg	200	40 159	127 484	1 256 695	40 218	126 361	613 268	4633	1161
Al	27	48 308	156 662	2 505 331	48 245	127 527	687 819	112	1534
In	114	44 515	139 308	1 311 032	44 535	126 766	643 584	2213	1721
Tl	204	41 542	132 293	1 265 223	41 506	122 617	790 683	7795	1879

Подставляя 3 числа (A, B, C) этой таблицы въ приведенную нами формулу и раздѣляя полученный результатъ на 10^8, мы получимъ соотвѣтствующую данному элементу длину волны въ общепринятыхъ единицахъ. Предшествующая указываемымъ нами второстепеннымъ серіямъ линій главная серія (въ таблицѣ соотвѣтствующихъ чиселъ мы не приводимъ) содержитъ въ себѣ наиболѣе важныя линіи разсматриваемаго вещества: формула, по которой мы опредѣляемъ длины волнъ, соотвѣтствующихъ двумъ побочнымъ серіямъ, для опредѣленія длинъ волнъ главной серіи не пригодна. Всѣ линіи, за исключеніемъ линій водорода и литія,— линіи двойныя (двойники), а иногда и тройныя (тройники); въ одномъ и томъ же спектрѣ разстоянія между линіями, составляющими отдѣльную пару, всюду отвѣчаютъ одной и той же разности чиселъ колебаній какъ въ главной, такъ и въ побочной серіяхъ линій. Эти разности чиселъ колебаній у насъ въ таблицѣ помѣщены подъ буквой ν. Такимъ образомъ всѣ производимые этими молекулярными системами „свѣтовые тона" являются результатомъ своего рода „двойныхъ ударовъ", характеризуемыхъ весьма небольшой и постоянной для каждаго отдѣльнаго вещества разницей чиселъ колебаній.

Еще интереснѣе то, что эти характерныя для опредѣленнаго вещества постоянныя для веществъ различныхъ, но химически сходныхъ, даютъ при дѣленіи ихъ на квадратъ соотвѣтственнаго атомнаго вѣса достаточно близкія числа. Эти частныя помѣщены у насъ въ послѣднемъ столбцѣ таблицы.

Итакъ, между важнѣйшей изъ химическихъ постоянныхъ, между атомнымъ вѣсомъ какого-нибудь вещества и чаще всего встрѣчающейся спектроскопической постоянной, разностью чиселъ колебаній, соотвѣтствующихъ парѣ спектральныхъ линій того же вещества, существуетъ несомнѣнная зависимость. Разстояніе, отдѣляющее двѣ линіи, входящія въ составъ одной и той же пары (двойника) будетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше атомный вѣсъ вещества.

То обстоятельство, что мы должны взять тутъ квадратъ массы, показываетъ, что на скорость исходящихъ изъ вещества свѣтовыхъ лучей оказалъ свое дѣйствіе моментъ инерціи этой массы.

Мы можемъ составить себѣ представленіе объ этого рода дѣйствіи слѣдующимъ образомъ. Вспомнимъ, что молекулы элементовъ въ свободномъ состояніи, по большей части, составлены изъ двухъ атомовъ, различныя колебанія которыхъ, какъ мы предполагаемъ, и являются причиной происхожденія парныхъ линій. При прочихъ равныхъ условіяхъ амплитуды этихъ двойныхъ атомовъ и описываемыя ими другъ относительно друга орбиты будутъ тѣмъ больше, чѣмъ больше ихъ масса. Мы опять сталкиваемся съ удивительнымъ фактомъ существованія соотношенія между свойствами вещества, повидимому, совершенно другъ отъ друга независимыми, а именно между разстояніемъ спектральныхъ линій и атомнымъ вѣсомъ. Итакъ, по крайней мѣрѣ, въ теоріи, мы имѣемъ возможность путемъ спектроскопическаго изслѣдованія раскаленнаго вещества, затеряннаго въ безконечной дали вселенной, вещества совершенно намъ неизвѣстнаго, опредѣлить его атомный вѣсъ, то есть сравнить это вещество съ водородомъ на химическихъ вѣсахъ.

Конечно, для этого необходимо опредѣлить, на основаніи характера спектра неизвѣстнаго вещества, группу тѣлъ, къ которой оно принадлежитъ. Сдѣлать это мы можемъ. Мы не стали бы выписывать съ такой подробностью числа въ нашей таблицѣ, если-бъ не разсчитывали извлечь изъ ихъ разсмотрѣнія цѣнныхъ заключеній. Въ самомъ дѣлѣ, мы видимъ, что коэффиціенты A, B и C, соотвѣтствующіе сходнымъ элементамъ, стоящимъ въ одномъ и томъ же вертикальномъ ряду періодической системы, помѣщеннымъ и у насъ въ таблицѣ въ одномъ столбцѣ, измѣняются вполнѣ опредѣленнымъ образомъ. Во всѣхъ группахъ нашей таблицы коэффиціентъ A, по мѣрѣ возрастанія атомнаго вѣса, убываетъ; коэффиціенты B имѣютъ въ каждой такой группѣ приблизительно одну и ту же величину, причемъ обыкновенно, по мѣрѣ возрастанія атомнаго вѣса, уменьшаются: что касается третьяго коэффиціента C, величина котораго наименѣе отражается на вычисляемой

длинѣ волны, то, повидимому, опредѣленныхъ правилъ его измѣненія не существуетъ. При помощи указанной уже нами формулы $\frac{1}{\lambda} = A - \frac{B}{m^2} - \frac{C}{m^4}$ можно безъ труда показать, что длины волнъ, соотвѣтствующихъ тѣмъ или другимъ группамъ линій, будутъ тѣмъ больше (или, другими словами, сами линіи будутъ тѣмъ ближе къ красному концу спектра), чѣмъ больше будутъ атомные вѣса такихъ въ остальныхъ отношеніяхъ сходныхъ элементовъ. Такимъ образомъ длина волны возрастаетъ въ зависимости отъ возрастанія массъ, на которыя она дѣйствуетъ. Это вполнѣ соотвѣтствуетъ тому, что мы высказали по данному вопросу раньше. Если бъ намъ удалось вычислить коэффиціенты, соотвѣтствующіе спектру нѣкотораго неизвѣстнаго вещества, то мы могли бы указать по этимъ числамъ ту группу, къ которой его надо отнести, и, сравнивая его со сходственными элементами той же группы, опредѣлить какъ его атомный вѣсъ, такъ и всѣ остальныя химическія свойства, исходя изъ изученія только одного его спектра.

Разсматривая таблицу чиселъ, соотвѣтствующихъ двумъ серіямъ спектральныхъ линій, мы приходимъ еще къ слѣдующимъ выводамъ. Въ спектрахъ обоихъ легчайшихъ веществъ (гелій, какъ элементъ еще недостаточно изслѣдованный, мы пока изъ этого разсмотрѣнія исключаемъ), въ спектрахъ водорода и литія, двойныхъ линій не замѣчено. Причинъ тому можетъ быть двѣ: либо они настолько раскалены, что даютъ только спектръ испусканія, состоя исключительно изъ отдѣльныхъ атомовъ, либо двойныя линіи въ дѣйствительности имѣются, но лежатъ другъ отъ друга настолько близко, что ихъ отдѣлить одну отъ другой технически невозможно. Послѣднее предположеніе представляется весьма правдоподобнымъ, въ виду найденнаго нами соотношенія, согласно которому разстояніе между такими линіями пропорціонально квадрату атомнаго вѣса. Водородъ имѣетъ только одну главную серію линій; побочныхъ серій для него не имѣется. Для литія имѣются уже двѣ побочныхъ серіи линій, повидимому, не связанныхъ другъ съ другомъ какимъ либо опредѣленнымъ соотношеніемъ. Что же касается до остальныхъ элементовъ, то, какъ надо полагать, приведенными серіями дѣло не ограничивается. Линіи, указываемыя вычисленіемъ, не всегда соотвѣтствуютъ тому, что дѣйствительно наблюдается.

Особенно поразителенъ фактъ существованія нѣсколькихъ серій линій. Если бы молекулярныя системы такого рода элементовъ состояли дѣйствительно лишь изъ двухъ атомовъ, то нельзя было бы объяснить, почему онѣ даютъ кромѣ двойныхъ линій, еще другія линіи, соотвѣтствующія иныхъ размѣровъ свѣтовымъ волнамъ; объясненію поддается только фактъ существованія „обертоновъ" въ предѣлахъ одной и той же серіи. Мы снова исходимъ изъ того предположенія, что атомы этихъ элементовъ могутъ быть дѣлимы и дальше, а, стало быть, элементы эти представляютъ собой соединенія другихъ элементовъ. Конечно, можно было бы предположить, что вещества, находясь въ томъ состояніи самосвѣченія, при которомъ они могутъ давать спектры испусканія, имѣютъ молекулы весьма сложнаго состава и что именно этимъ объясняется многообразіе производимыхъ ими волнъ. Но стоитъ вспомнить извѣстныя намъ многочисленныя опытныя данныя, указывающія на то, что при высокихъ степеняхъ каленія можно ожидать скорѣе раздѣленія группъ атомовъ, а не соединенія атомовъ въ группы, и мы поймемъ, что болѣе правильнымъ является первое объясненіе, согласно которому тѣ сочетанія матеріальныхъ частицъ, которыя мы принимали за атомы, мы должны считать молекулами; молекулы эти, будучи подвержены такимъ исключительнымъ вліяніямъ, быть можетъ, въ теченіе лишь того короткаго промежутка времени, когда онѣ свѣтятся своимъ собственнымъ свѣтомъ, распадаются на части, но стоитъ температурѣ понизиться, и онѣ тотчасъ же вновь соединяются.

Мы имѣемъ въ виду побочныя серіи, въ которыхъ спектральныя линіи, по большей части, слабы, а потому отсюда слѣдуетъ, что временно распадается на части сравнительно небольшое число тѣхъ такъ называемыхъ элементарныхъ атомовъ, которые приходятъ при накаливаніи въ особенно сильное колебательное со-

стояніе. Поэтому то обыкновенными химическими реактивами и не удается выполнить такое разложеніе. Провѣрить эту гипотезу можно будетъ лишь тогда, когда будутъ опредѣлены всѣ серіи линій, характеризующихъ элементы, для всѣхъ элементовъ или для большинства изъ нихъ. Если въ различныхъ теперь извѣстныхъ намъ элементахъ содержится одно и то же неизвѣстное простое вещество, то соотвѣтствующія имъ побочныя серіи линій должны бы совпадать.

Даже водородные атомы нельзя признать за нѣчто недѣлимое. Наше замѣчаніе о томъ, что въ спектрѣ водорода имѣется только одна серія линій, относится только къ такъ называемому первому водородному спектру, получающемуся при пропусканіи электрическихъ искръ черезъ водородъ, помѣщенный въ гейслеровыхъ трубкахъ при не очень высокомъ давленіи. Но, кромѣ „перваго" водороднаго спектра, существуетъ еще „второй", получающійся отъ водорода, который находится подъ сильнымъ давленіемъ и подверженъ высокимъ температурамъ; въ отличіе отъ простого перваго спектра, второй состоитъ изъ значительнаго числа тонкихъ линій, которыя занимаютъ въ немъ совершенно не то мѣсто, что линіи въ первомъ спектрѣ. Такимъ образомъ тутъ тѣ первичные атомы, на предположеніи о существованіи которыхъ основываются всѣ наши соображенія, освобождаются въ большомъ количествѣ. При дальнѣйшемъ повышеніи температуры и давленія водородный спектръ становится сплошнымъ; въ этомъ случаѣ атомы безъ всякой системы проносятся другъ мимо друга въ волнахъ любой длины, но стоитъ давленію и температурѣ уменьшиться, и они снова превратятся въ обыкновенные атомы, производящіе волны извѣстной длины.

Можно наблюдать спектръ газа и тогда, когда онъ находится при обыкновенной температурѣ и самостоятельно не свѣтится. Для этого достаточно помѣстить за нимъ источникъ непрерывнаго свѣта: при такомъ расположеніи опыта газъ, какъ мы видѣли въ главѣ о свѣтѣ (стр. 232), будетъ поглощать какъ разъ тѣ сорта свѣтовыхъ лучей, которые при прочихъ равныхъ условіяхъ онъ самъ бы испускалъ. Получается такъ называемый спектръ поглощенія съ темными линіями. Молекулярное строеніе газа во всѣхъ подобныхъ случаяхъ всегда строго извѣстно. Если спектръ поглощенія совершенно отвѣчаетъ спектру испусканія, какъ это обыкновенно и предполагается, то этимъ самымъ рѣшается вопросъ о несомнѣнной тождественности молекулярнаго строенія въ обоихъ случаяхъ, и всѣ оговорки, сдѣланныя нами по этому поводу, отпадаютъ. Къ сожалѣнію, спектровъ поглощенія газовъ не удается наблюдать съ такой обстоятельностью, какъ спектры испусканія газовъ. Для того, чтобы тѣ тонкія линіи, которыя достаточно рѣзко выдѣляются на темномъ фонѣ, были видны и на яркомъ фонѣ, въ видѣ темныхъ линій, необходимо, чтобы они прошли сквозь огромныя количества газа, потому что степень поглощенія свѣта зависитъ именно отъ величины проходимой имъ толщи. Такимъ образомъ въ спектрахъ поглощенія этого рода удается наблюдать только наиболѣе яркія линіи. Поэтому мы совершенно не знаемъ, существуютъ ли тутъ тѣ побочныя серіи линій, которыя только и могутъ отчасти свидѣтельствовать объ измѣненіяхъ въ молекулярномъ состояніи вещества.

Кромѣ того, въ лабораторіи можно изслѣдовать спектры поглощенія лишь немногихъ элементовъ, что объясняется тѣмъ, что въ парообразное состояніе удается перевести лишь незначительное число ихъ; препятствіемъ являются и высокія температуры, требуемыя для обращенія нѣкоторыхъ элементовъ въ газообразное состояніе, потому что нельзя отыскать такой источникъ свѣта, который былъ бы значительно горячѣе этихъ паровъ; только при этомъ условіи можетъ получиться непремѣнно „обращенный" спектръ (стр. 232).

Иначе, конечно, обстоитъ дѣло на солнцѣ. Среди темныхъ линій солнечнаго спектра есть много такихъ, которыя принадлежатъ къ такого рода побочнымъ серіямъ; нѣтъ никакого сомнѣнія, что спектры поглощенія элементовъ, находящихся на солнцѣ, почти вполнѣ отвѣчаютъ тѣмъ спектрамъ испусканія, которые мы получаемъ у себя въ лабораторіяхъ. Но такіе факты не говорятъ ни за, ни противъ, потому что на солнцѣ эти вещества, даже въ тѣхъ слояхъ, въ которыхъ происходитъ поглощеніе свѣта, имѣютъ болѣе высокую температуру, чѣмъ

въ томъ случаѣ, когда мы ихъ искусственно накаливаемъ въ нашихъ лабораторіяхъ для полученія ихъ спектровъ испусканія. Если держаться нашихъ объясненій, то необходимо допустить, что та расщепленность атомовъ, которая, согласно нашему предположенію, въ самосвѣтящихся веществахъ при лабораторныхъ опытахъ поддерживается въ теченіе извѣстнаго времени, на солнцѣ никогда не прекращается; другими словами, приходится допустить, что тамъ въ газообразномъ состояніи находятся тѣ неизвѣстныя простыя вещества, соединенія которыхъ на землѣ мы называемъ элементами, и что эти наши элементы при особенно высокихъ температурахъ могутъ до нѣкоторой степени и въ теченіе извѣстнаго времени диссоціировать и у насъ. При существованіи соотношеній между характеромъ спектра вещества и его атомнымъ вѣсомъ съ механической точки зрѣнія множественность серій линій только такъ и можно объяснить. Правильность этихъ взглядовъ можно будетъ провѣрить лишь тогда, когда спектры элементовъ будутъ изслѣдованы по отношенію ко всякаго рода температурамъ.

Химическія соединенія позволяютъ, напротивъ того, по большей части наблюдать точнѣе спектры поглощенія; для этого надо пропускать свѣтъ сквозь растворы тѣхъ или другихъ веществъ, имѣющіе опредѣленную концентрацію. Въ жидкостяхъ молекулы сбиваются въ болѣе значительныя системы, поэтому надо ожидать, что вещества, растворенныя въ водѣ, будутъ имѣть далеко не тѣ спектры, что тѣ же вещества до ихъ растворенія. Растворы даютъ спектры полосатые, въ которыхъ поглощеніе то возрастаетъ, то снова убываетъ. Эти полосы въ дѣйствительности состоятъ изъ множества отдѣльныхъ линій, разглядѣть которыя невозможно только потому, что онѣ лежатъ другъ отъ друга слишкомъ близко. Но эта полосатость именно и показываетъ, что эти линіи состоятъ изъ ряда такихъ серій, какія мы наблюдали въ спектрахъ элементовъ. Точныя измѣренія при изслѣдованіи полосатыхъ спектровъ представляютъ значительныя трудности, такъ какъ рѣзкихъ границъ между частями этихъ спектровъ мы почти не находимъ. Тѣмъ не менѣе и въ этихъ спектрахъ удалось подмѣтить цѣлый рядъ соотношеній, которыя вполнѣ согласуются съ нашими спектро-аналитическими изслѣдованіями. Такъ, напримѣръ, замѣчено, что полосы спектровъ подвигаются все дальше и дальше къ красному концу, по мѣрѣ того, какъ возрастаетъ сложность соединенія, по мѣрѣ того, какъ вводится въ него все большее и большее число одинаковыхъ группъ (таковы ряды гомологовъ углеродистыхъ соединеній). Такимъ образомъ, чѣмъ молекула тяжелѣе, тѣмъ длиннѣе свѣтовыя волны, ею производимыя или ею поглощаемыя. Такого рода сочетанія атомовъ въ группы называютъ батохромическими, въ отличіе отъ гипсохромическихъ, обусловливающихъ передвиженіе полосъ ближе къ фіолетовому концу, сочетаній, встрѣчающихся, сравнительно съ первыми, очень рѣдко. Такія группы, какъ гидроксилъ, метилъ, карбоксилъ, фенилъ, а также элементы галоидной группы, фторъ, хлоръ, бромъ и іодъ, будучи введены въ соединеніе, дѣйствуютъ батохромически, группы же нитро- и амидосоединеній, а также отдѣльные водородные атомы, напротивъ того, дѣйствуютъ гипсохромически. Перемѣщеніе какъ въ томъ, такъ и другомъ случаѣ, по большей части, пропорціонально возрастастанію молекулярнаго вѣса, обусловливаемому введеніемъ все большаго и большаго числа сказанныхъ группъ атомовъ. Такимъ образомъ мы снова убѣждаемся въ томъ, что матерія, составляющая массу этихъ молекулярныхъ системъ, оказываетъ дѣйствіе на движенія окружающей ихъ матеріи, а въ данномъ случаѣ на движенія свѣтового эѳира.

Цвѣтъ вещества въ проходящемъ или отраженномъ свѣтѣ, независимо отъ аггрегатнаго состоянія, въ которомъ оно находится, является результатомъ свѣтопоглощенія, а, стало быть, стоитъ въ связи съ характеромъ его спектра. Тѣ самыя правильности, которыя мы наблюдали въ спектрахъ, должны повторяться и въ натуральныхъ цвѣтахъ разныхъ веществъ. Каждая краска въ отраженномъ свѣтѣ должна представлять собой смѣсь цвѣтовъ, являющихся дополнительными по отношенію къ тѣмъ цвѣтамъ, которые поглощаются. Дополнительными называются слѣдующіе стоящіе рядомъ цвѣта:

Фіолетовый	Желтоватый
Темно-синій	Желтый
Голубой	Оранжевый
Синевато-зеленый	Красный
Зеленый	Пурпурный

Мы только что показали, что введеніе „батохромической“ группы атомовъ производитъ смѣщеніе полосъ поглощенія въ сторону краснаго цвѣта. Предположимъ, что въ нашемъ спектрѣ имѣется только одна полоса, и пусть она находится сперва въ ультрафіолетовой части. Но такъ какъ при этомъ ни одинъ изъ видимыхъ глазу цвѣтовъ не поглощенъ, то тѣло будетъ казаться бѣлымъ. Введемъ теперь въ данное вещество новую группу, скажемъ, группу метила; благодаря этому, наша полоса перемѣстится въ область видимаго фіолетоваго цвѣта. Но дополнительнымъ цвѣтомъ по отношенію къ фіолетовому является желтоватый, а потому наше тѣло будетъ окрашено именно въ этотъ цвѣтъ. Вводя въ ядро нашего вещества все больше и больше метиловыхъ группъ, мы заставимъ полосу поглощенія перемѣститься въ область синяго цвѣта; при этомъ тѣло будетъ окрашиваться все сильнѣе и сильнѣе въ красный цвѣтъ и, наконецъ, когда полоса перейдетъ въ зеленую часть, пріобрѣтетъ совершенно пурпурную окраску. При дальнѣйшемъ перемѣщеніи полосы поглощенія тѣло будетъ послѣдовательно пр нимать цвѣта, фіолетовый, голубой и зеленый; послѣднее произойдетъ тогда, когда полоса очутится въ самомъ концѣ красной части видимаго спектра. Указанныя только что измѣненія цвѣта подъ вліяніемъ усложненія вещества, подъ вліяніемъ введенія въ него все большаго и большаго числа соотвѣтственныхъ одинаковыхъ группъ атомовъ, дѣйствительно наблюдаются; мы въ правѣ заключить, что простѣйшія, съ точки зрѣнія химическаго состава, вещества, по большей части, бываютъ бѣлаго или желтоватаго цвѣта, а наиболѣе сложныя — зеленаго. Обиліе анилиновыхъ красокъ, которыя въ указанномъ только что смыслѣ всѣ принадлежатъ къ одному и тому же разряду соединеній и получаются именно согласно указанному принципу, подтверждаетъ только что приведенныя соображенія. Этимъ объясняется и та легкость, съ какой природа изъ однихъ и тѣхъ же веществъ создаетъ всю массу восхитительныхъ красокъ. Зеленый цвѣтъ листьевъ показываетъ, что содержащееся въ нихъ вещество, независимо отъ его состава, обладаетъ способностью поглощать красные лучи. Такимъ образомъ мы имѣемъ полное право предположить, что въ извѣстной части растенія начинается процессъ, благодаря которому часть батохромическихъ группъ атомовъ, имѣющихся въ каждомъ органическомъ соединеніи освобождается или расходуется, а потому соотвѣтственная часть растенія, скажемъ, листья, пріобрѣтаетъ голубоватый или синій цвѣтъ. По мѣрѣ того, какъ въ органическомъ веществѣ подвигается впередъ процессъ разложенія, освобождаются часто азотистыя соединенія, которыя дѣйствуютъ „гипсохромически“. Вотъ почему по мѣрѣ усиленія этого разложенія зеленые листья желтѣютъ или даже краснѣютъ.

Для насъ, стремящихся установить истинный характеръ такъ называемыхъ химическихъ элементовъ, чрезвычайно интересно то обстоятельство, что въ четырехъ галоидахъ наблюдаются тѣ же измѣненія цвѣта, какія мы видѣли въ разобранныхъ раньше случаяхъ, когда мы увеличивали атомный вѣсъ соединенія путемъ введенія въ него нѣсколькихъ батохромическихъ группъ. Самый легкій изъ галоидовъ, фторъ—безцвѣтенъ, слѣдующій за нимъ по вѣсу хлоръ—зеленовато-желтаго цвѣта, за нимъ идетъ бромъ съ его красноватыми парами и, наконецъ, іодъ, имѣющій въ парообразномъ состояніи красивую фіолетовую окраску. Такого рода измѣненія цвѣта по мѣрѣ возрастанія атомнаго вѣса наблюдается и въ другихъ группахъ химически сходныхъ элементовъ, но въ химически неодинаковыхъ элементахъ такой послѣдовательности не замѣчается.

Даже внѣшность веществъ, ихъ окраска и ея измѣненія подъ вліяніемъ процессовъ разложенія и вывѣтриванія, указываетъ намъ на соотношенія, основы-

вающіяся, быть можетъ, на простой механической зависимости, математически точнаго выраженія которой до сихъ поръ еще не найдено.

Мы сказали. что извѣстныя группы атомовъ производятъ перемѣщеніе полосъ поглощенія; но, кромѣ этихъ группъ атомовъ, есть еще другія группы, производящія это поглощеніе; онѣ то и позволяютъ намъ установить шкалу цвѣтовъ. О. Н. Виттъ предложилъ называть эти группы „хромофорными". Изъ числа такихъ группъ прежде всего заслуживаетъ упоминанія азогруппа N_2H_2. Такимъ образомъ эти хромофорныя вещества должны быть тѣми поглощающими свѣтъ группами атомовъ, которыя дѣйствуютъ на энергію волнообразнаго движенія эѳира тѣмъ сильнѣе, чѣмъ тяжелѣе тотъ комплексъ атомовъ, къ которому они принадлежатъ.

Явленія флюоресценціи обусловливаются, повидимому, также извѣстными группами атомовъ (Либерманъ и Рих. Мейеръ), которыя носятъ, по большей части, сложный характеръ; ихъ формулы строенія носятъ характеръ замкнутыхъ цѣпей съ присоединенными къ нимъ рядами. Благодаря этому, въ такихъ многосложныхъ молекулярныхъ системахъ извѣстная часть поглощеннаго свѣта превращается не въ теплоту, какъ въ разсмотрѣнныхъ нами раньше случаяхъ, а въ свѣтовыя колебанія только другого рода. Подобно хромофорамъ, съ которыми мы уже познакомились, существуютъ флюорофоры, что же касается до болѣе тѣсной связи между явленіями флюоресценціи и молекулярнымъ строеніемъ и причинъ, обусловливающихъ подъ вліяніемъ поглощенія свѣта свѣченіе именно этихъ группъ, то объ этомъ мы ровно ничего не знаемъ.

Свѣтъ, не поглощенный тѣломъ, сквозь него совершенно свободно не проходитъ; онъ въ большей или меньшей степени испытываетъ преломленіе или двойное преломленіе, онъ поляризуется или вращаетъ плоскость поляризаціи. Въ главѣ объ оптикѣ мы подробно изучали эти свойства; теперь остается только въ нѣсколькихъ словахъ указать на зависимость между этими свойствами и молекулярнымъ строеніемъ, другими словами, только дополнить наши свѣдѣнія.

Уже на стр. 210 мы говорили о такъ называемой молекулярной рефракціи, которая въ отличіе отъ обыкновеннаго показателя преломленія, совершенно не зависитъ отъ температуры и даже отъ аггрегатнаго состоянія вещества. Въ силу этого величина ея должна зависѣть только отъ молекулярнаго строенія. Это вытекаетъ изъ слѣдующихъ фактовъ: если путемъ наблюденія мы уже опредѣлили атомную рефракцію элементовъ, то молекулярныя рефракціи ихъ соединеній можно, какъ оказывается, получить путемъ простого сложенія атомныхъ, при чемъ, конечно, надо принять во вниманіе и характеръ самаго соединенія, не остающійся безъ вліянія на правильность разсчетовъ. Поясннмъ сказанное на примѣрѣ. Атомная рефракція углерода (для красной линіи H), какъ было найдено, равна 2,365; атомная рефракція водорода 1,103. Сверхъ того, оказывается, что на каждый атомъ углерода, уже насыщенный водороднымъ атомомъ, и связанный, какъ это имѣетъ мѣсто въ соединеніяхъ съ замкнутой цѣпью, двойной связью, рефракція увеличивается еще на 1,836. Такимъ образомъ для молекулярной рефракціи бензола, C_6H_6, мы должны получить слѣдующую величину:

6 атомовъ углерода	$6 \times 2{,}365 = 14{,}190$
6 атомовъ водорода	$6 \times 1{,}103 = 6{,}618$
3 двойныхъ связи	$6 \times 1{,}836 = 5{,}508$

Молекулярная рефракція $C_6H_6 = 26{,}32$

Опредѣляемая на основаніи полученнаго путемъ прямыхъ измѣреній показателя преломленія молекулярная рефракція бензола равняется 25,93, что въ достаточной степени согласуется съ числомъ, найденнымъ на основаніи теоретическихъ соображеній. Благодаря этому, представляется возможнымъ на основаніи однихъ формулъ строенія предсказывать съ значительной степенью точности показатель преломленія очень сложныхъ соединеній.

Съ другой стороны, мы можемъ указать на достовѣрныя соотношенія, суще-

ствующія между этой молекулярной рефракціей и молекулярнымъ объемомъ, на которыя мы уже указывали при изслѣдованіи температуры плавленія (стр. 525). Отклоненіе свѣта отъ первоначальнаго направленія въ тѣлахъ, сквозь которыя онъ проходитъ, зависитъ, какъ оказывается, отъ объема, занимаемаго ихъ атомами; ихъ аггрегатное состояніе не играетъ тутъ никакой роли, за то приходится считаться съ характеромъ связей, потому что эти связи при одномъ и томъ же числѣ и сходствѣ атомовъ оказываютъ вліяніе на расположеніе ихъ въ пространствѣ. Для успѣха дальнѣйшей разработки нашихъ взглядовъ на взаимоотношенія, существующія между движеніями эѳира и сравнительно большими скопленіями матеріи въ химическихъ молекулахъ, представляется чрезвычайно важнымъ, что взаимоотношенія эти обусловливаются не величиной атомныхъ вѣсовъ, а объемомъ атомовъ и молекулъ и распредѣленіемъ ихъ въ пространствѣ. Отсюда слѣдуетъ, что между атомами эѳира и химическими атомами не дѣйствуютъ силы, имѣющія сходство съ тяготѣніемъ, потому что такого рода силы непремѣнно зависѣли бы отъ атомныхъ вѣсовъ; атомы эѳира въ химическихъ атомахъ встрѣчаютъ скорѣе всего препятствія, заставляющія ихъ отскакивать. Поэтому преломленіе лучей зависитъ прежде всего отъ плотности вещества (а, стало быть, косвенно отъ температуры и аггрегатнаго состоянія), то есть отъ разстояній между молекулами, а затѣмъ уже отъ величины занимаемаго молекулами объема. Этотъ важный законъ можно выразить еще проще такъ: свѣтопреломленіе прямо пропорціонально объему, занимаемому молекулами, и обратно пропорціонально пространству, находящемуся между ними и остающемуся незаполненнымъ.

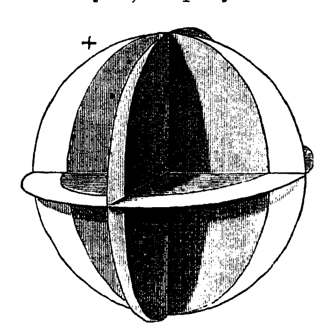
Свойства молекулярной рефракціи такимъ образомъ значительно отличаются отъ правильностей, наблюдаемыхъ по отношенію къ поглощенію свѣта, въ которыхъ ясно замѣтна зависимость отъ молекулярныхъ вѣсовъ. Поглощенный свѣтъ превращается въ теплоту, а теплота представляетъ собой движеніе массъ атомовъ. Въ вопросѣ же объ результатѣ отклоненій, претерпѣваемыхъ атомами эѳира при столкновеніи съ молекулами, рѣшающее значеніе играетъ ихъ сѣченіе.

Просто преломляющимъ свѣтъ веществомъ является, какъ извѣстно, каждое вещество, пропускающее свѣтъ. Въ нѣкоторыхъ веществахъ, которыя на видъ ничѣмъ отъ другихъ веществъ не отличаются, происходятъ, кромѣ того, еще такія явленія, какъ вращеніе плоскости поляризаціи, двойное лучепреломленіе и т. д. Но и тутъ оказывается, что эти особыя оптическія свойства несомнѣннѣйшимъ образомъ зависятъ отъ молекулярнаго строенія вещества. Вращеніе плоскости поляризаціи носитъ двоякій характеръ, въ зависимости отъ того, происходитъ ли оно въ жидкостяхъ и въ газахъ, или въ кристаллахъ. Вращеніе это замѣчается во многихъ органическихъ углеродистыхъ и азотистыхъ соединеніяхъ, находящихся въ жидкомъ состояніи, въ особенности въ соединеніяхъ съ несимметрически расположенными углеродистыми атомами, о механическихъ дѣйствіяхъ которыхъ мы высказали на стр. 503 свои предположенія. Если въ такихъ соединеніяхъ съ несимметрически расположенными углеродными атомами въ нѣкоторыхъ отдѣльныхъ случаяхъ такого вращенія не замѣчается, то это объясняется иногда тѣмъ, что вращеніе настолько незначительно, что при нашихъ средствахъ наблюденія мы не въ состояніи его замѣтить, иногда же причину этого можно усмотрѣть въ иныхъ обстоятельствахъ; а именно, можетъ случиться, что въ жидкости содержатся двѣ атомныхъ группы, обладающихъ противоположными по отношенію къ вращенію свойствами, какъ это имѣетъ мѣсто въ случаѣ многократно приводимой нами винной кислоты; тогда дѣйствія обѣихъ группъ взаимно уничтожаются, но, конечно, можно пробовать и отдѣлить эти вещества другъ отъ друга. Такимъ образомъ способность вращенія мы приписываемъ этимъ несимметрично расположеннымъ углероднымъ атомамъ на основаніи совершенно общихъ соображеній; она вытекаетъ изъ группировки атомовъ въ молекулахъ.

Совершенно иное мы видимъ въ кристаллахъ. Оптическія свойства кри-

сталловъ зависятъ уже не отъ строенія самихъ молекулъ, а отъ ихъ взаимнаго расположенія, обусловливающаго кристаллическій характеръ вещества. Въ твердомъ состояніи мы всегда встрѣчаемъ группировки нѣсколько болѣе грубыя.

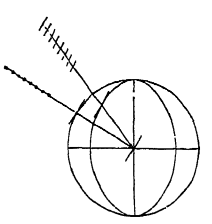
Кристаллы, по ихъ оптическимъ свойствамъ разбиты на отдѣльныя группы по слѣдующимъ соображеніямъ: распредѣленіе слоевъ молекулъ, образующихъ тотъ или другой кристаллъ, обусловливаетъ неодинаковую прозрачность этихъ кристалловъ по различнымъ направленіямъ; распредѣленіе слоевъ соотвѣтствуетъ направленіямъ осей кристалла. Въ виду того, что прозрачность кристалла по различнымъ направленіямъ весьма неодинакова, скорости распространенія свѣта по направленію различныхъ кристаллическихъ осей также весьма различны. Если помѣстить въ точкѣ пересѣченія этихъ осей, стало быть, въ центрѣ кристалла, источникъ свѣта, то при одинаковомъ по всѣмъ направленіямъ сопротивленіи свѣтовое колебаніе должно было бы распространиться во всѣ стороны равномѣрно, и по истеченіи извѣстнаго промежутка времени точки, расположенныя вокругъ источника свѣта, до которыхъ дошло свѣтовое колебаніе, должны были бы лежать всѣ на одной и той же шаровой поверхности; всѣ точки этой поверхности были бы равно удалены отъ центра кристалла. Но если существуютъ въ кристаллѣ по отношенію къ скорости распространенія свѣта какія либо предпочтительныя направленія, одно или нѣсколько, то опредѣляемая такимъ путемъ **поверхность волны** будетъ уже не шаровой. Такимъ образомъ поверхности волнъ будутъ имѣть, въ зависимости отъ строенія кристалловъ различныя формы; подраздѣленіе кристалловъ на группы по ихъ оптическимъ свойствамъ на формѣ этихъ поверхностей волнъ и основывается.

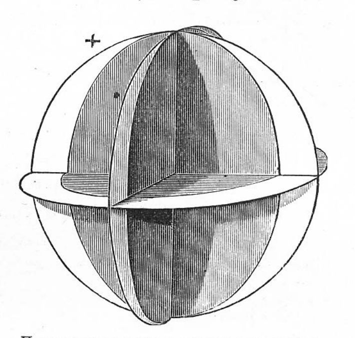


Поверхность волны въ одноосномъ кристаллѣ. См. текстъ ниже.

Въ кристаллахъ правильной формы, въ которыхъ всѣ три оси равны и взаимно перпендикулярны, оптическія свойства по всѣмъ направленіямъ одинаковы; поэтому ихъ называютъ изотропными кристаллами; въ нихъ поверхность волны будетъ шаровой, какъ въ какой-нибудь однородной аморфной массѣ. Въ силу этого такіе кристаллы въ оптическомъ отношеніи, по сравненію съ простыми однородными тѣлами, никакими особенными свойствами не отличаются. Они преломляютъ свѣтъ, но плоскости поляризаціи не вращаютъ. Исключеніе представляетъ нѣсколько кристаллическихъ формъ, получающихся путемъ комбинаціи двухъ кристалловъ правильной системы внѣдренія одного въ другой, имѣющихъ оси неодинаковой длины (примѣромъ можетъ служить пентагональный додекаедръ); такимъ образомъ тутъ должно получиться двѣ концентрическихъ шаровыхъ волны, входящихъ другъ въ друга, ихъ столкновеніе сопровождается вращеніемъ плоскости поляризаціи.

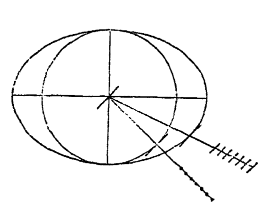
Всѣ прочія кристаллическія системы **анизотропны**, т. е. въ различныхъ направленіяхъ проявляютъ неодинаковыя свойства. Въ **системахъ тетрагональной и гексагональной** существуетъ направленіе, которое по симметричности распредѣленія вокругъ него матеріи сходно съ осями кристалловъ правильной системы. Системы эти называются **оптически одноосными**. Только относительно этого одного направленія поперечное сѣченіе поверхности волны представляетъ собой кругъ, подобно сѣченіямъ поверхности волны въ кристаллахъ правильной системы. Сѣченія ея по всѣмъ другимъ направленіямъ представляютъ собой **эллипсы** (см. чертежъ, наверху). Лучъ свѣта, выходящій изъ центра и идущій въ такомъ кристаллѣ по какому-нибудь другому направленію долженъ, какъ это можно строго математически доказать, непремѣнно расколоться на два луча; это показано на нашемъ чертежѣ, помѣщ. выше. Одинъ


Обыкновенный лучъ (a) и необыкновенный лучъ (b) въ положительномъ одноосномъ кристаллѣ. См. текстъ ниже.



Поверхность волны въ одноосномъ кристаллѣ. См. текстъ ниже

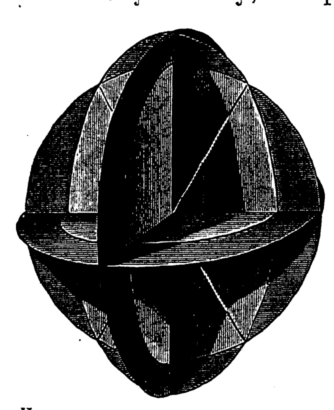
изъ этихъ лучей подчиняется обыкновеннымъ законамъ преломленія, другой же—нѣтъ. У насъ, стало быть, получаются лучи обыкновенный и необыкновенный, тѣ самые, съ которыми мы познакомились при изученіи двойного лучепреломленія (стр. 268). Такимъ образомъ всѣ одноосные кристаллы являются двупреломляющими и поляризующими, потому что оба луча всегда поляризованы. Необходимо теперь отличать слѣдующіе возможные случаи.



Сѣченіе поверхности волны однооснагоотрицательнаго кристалла. См. текстъ рядомъ.

Можетъ случиться такъ, что шаровая волна охватываетъ эллипсоидальную, касаясь ея въ ея полюсахъ (см. чертежъ на стр. 551); такой кристаллъ называется **одноосным положительнымъ**. Но бываетъ и такъ, шаръ находится внутри эллипсоида; такіе кристаллы носятъ названіе **одноосныхъ отрицательныхъ** (черт. рядомъ); положеніе сказанныхъ двухъ лучей въ кристаллахъ того и другого рода неодинаково. Наконецъ, шаръ и эллипсоидъ могутъ пересѣкаться, что при совмѣщеніи двухъ кристалловъ также случается. Въ кристаллахъ, принадлежащихъ къ тремъ остальнымъ системамъ, ромбической, одноклиномѣрной и трехклиномѣрной, въ которыхъ всѣ три оси различной длины, а въ кристаллахъ двухъ послѣднихъ системъ къ тому же оси образуютъ косые углы, поверхности волнъ гораздо сложнѣе, чѣмъ въ разсмотрѣнныхъ нами прежде системахъ; онѣ образуются въ этомъ случаѣ изъ двухъ или нѣсколькихъ эллипсоидовъ (см. чертежъ ниже). Ни одинъ изъ лучей, прошедшихъ сквозь такой кристаллъ, не преломляется обычнымъ путемъ: всѣ получающіеся лучи—лучи необыкновенные. Кристаллы эти, какое направленіе въ нихъ ни изслѣдовать, оказываются двупреломляющими, поляризующими и, по большей части, вращающими плоскость поляризаціи. Въ виду особой сложности поверхностей волнъ оптическія оси съ кристаллографическими, въ отличіе отъ кристалловъ симметрической формы, тутъ не совпадаютъ.

Если свести всѣ добытые результаты въ одно цѣлое, то окажется, что тѣла, по своей кристаллической формѣ наиболѣе простыя, являются, какъ это слѣдуетъ изъ данныхъ, собранныхъ у насъ на стр. 533, наиболѣе простыми по своему химическому составу; теперь мы видимъ, что и по своимъ оптическимъ свойствамъ это тѣла наиболѣе простыя; такимъ образомъ молекулярное строеніе и тутъ имѣетъ рѣшающее значеніе. Нѣтъ ни одного физическаго свойства, которое не зависѣло бы отъ молекулярнаго строенія матеріи. Мы видали (стр. 289), что **магнетизмъ** можетъ вызвать вращеніе плоскости поляризаціи въ тѣхъ веществахъ, которыя при обычныхъ условіяхъ этого свойства не проявляютъ.

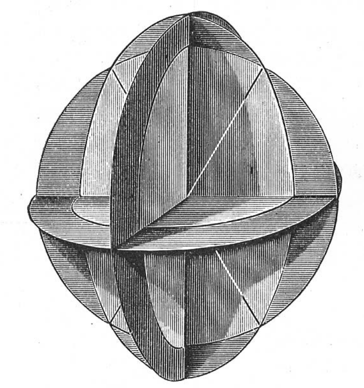


Поверхность волны въ кристаллахъ системъ ромбической, одноклиномѣрной и трехклиномѣрной. См. текстъ выше.

Мы должны предположить, что магнитное дѣйствіе сказывается только на взаимномъ расположеніи молекулъ, а не на положеніи въ молекулахъ атомовъ, потому что магнетизмъ никакихъ химическихъ реакцій не вызываетъ; вслѣдствіе этого, мы въ правѣ думать, что способность вращать плоскость поляризаціи, присущая кристалламъ нѣкоторыхъ разобранныхъ нами классовъ и при обычныхъ условіяхъ, также слѣдуетъ приписать не внутреннему строенію молекулъ, а ихъ взаимному другъ относительно друга расположенію. Такъ, впрочемъ, мы съ самаго начала и думали, когда устанавливали отличительныя черты кристалловъ и жидкостей, вращающихъ плоскость поляризаціи.

b) Вліяніе свѣта на химическія свойства матеріи.

Всѣ тѣла поглощаютъ свѣтъ, а потому часть энергіи свѣтовыхъ волнъ должна затрачиваться на разнаго рода измѣненія въ молекулярныхъ системахъ;



Поверхность волны въ кристаллахъ системъ ромбической, одноклиномѣрной и трехклиномѣрной. См. текстъ выше.

мы уже много разъ видали, что эта энергія, которую даютъ колебанія эѳира, по большей части, идетъ на усиленіе тепловыхъ колебаній, то есть на повышеніе температуры тѣла, поглощающаго свѣтъ. На первый взглядъ не видно никакихъ причинъ, могущихъ воспрепятствовать возникновенію также и химическихъ измѣненій.

Разъ дѣйствіе свѣта измѣняетъ орбиты молекулъ, то могутъ измѣниться и орбиты атомовъ въ молекулахъ, притомъ настолько сильно, что атомы должны будутъ образовать новыя системы; тутъ можетъ, стало быть, произойти то, что при соотвѣтственныхъ условіяхъ происходитъ подъ вліяніемъ тепловыхъ дѣйствій. Можно даже думать, что такія движенія атомовъ могутъ возникнуть скорѣе, чѣмъ движенія молекулъ, потому что атомы легче молекулъ. Съ того времени, какъ фотографія обратилась въ спортъ, всѣ знаютъ, что свѣтъ производитъ химическія превращенія; но съ перваго взгляда можетъ показаться, что такого рода дѣйствія распространяются лишь на сравнительно ничтожное число веществъ.

Можно привести въ пользу необходимости такого вывода слѣдующее общее соображеніе. Природа повсюду во всѣхъ своихъ процессахъ стремится къ уравниванію, что ей и удается; дѣйствіе и противодѣйствіе во всѣхъ случаяхъ приводятъ къ равновѣсію, и одно и то же дѣйствіе, оказывающее вліяніе на тождественныя состоянія, въ концѣ концовъ, должно нейтрализоваться. Но всѣ вещества, какія только мы встрѣчаемъ на землѣ, даже тѣ, которыя извлечены изъ ея нѣдръ, уже подверглись дѣйствію солнечныхъ лучей, а потому всѣ фотохимическія дѣйствія ихъ давно уже нейтрализованы. Свѣточувствительныя вещества могутъ находиться только въ темнотѣ въ глубинѣ земли, гдѣ химическія измѣненія случаются вообще говоря рѣдко; они также могутъ образовываться на землѣ, но ночью. Мы имѣемъ въ своемъ распоряженіи лишь нѣсколько свѣточувствительныхъ соединеній; они разлагаются свѣтомъ, но только медленно. Такъ мы видимъ, что нѣкоторыя краски подъ вліяніемъ свѣта мало-по-малу выцвѣтаютъ; стало быть, онѣ свѣточувствительны, но свѣточувствительность ихъ проявляется въ нормальныхъ условіяхъ очень слабо.

Нельзя ни въ какомъ случаѣ отрицать возможности существованія соединеній столь свѣточувствительныхъ, что, по сравненію съ ними, теряютъ свое значеніе всѣ извѣстныя намъ этого рода вещества; открыть ихъ не удается, быть можетъ, только благодаря несовершенству нашихъ экспериментальныхъ пріемовъ (стр. 41).

Въ мертвой природѣ временное образованіе такихъ веществъ представляется дѣломъ въ высокой мѣрѣ невѣроятнымъ: при незначительности тепловыхъ измѣненій или, общѣе говоря, измѣненій энергіи на поверхности земли, въ химическихъ соединеніяхъ, поскольку рѣчь идетъ о соединеніяхъ неорганическихъ, едва ли можно разсчитывать встрѣтить сколько-нибудь значительныя измѣненія химическихъ свойствъ. Поэтому нельзя думать, чтобы въ теченіе ночи могли образовываться новыя неизвѣстныя намъ соединенія этого рода.

Иное дѣло природа органическая; въ ея области въ каждой клѣткѣ живого организма кипитъ многообразная химическая работа; въ этихъ клѣткахъ создаются и вновь разрушаются чуть не всѣ соединенія органогеновъ, какія только мы въ состояніи придумать.

Весьма возможно, что тутъ, кромѣ многихъ другихъ соединеній, ночью вырабатываются еще и такія, которыя не переносятъ дневного свѣта. Быть можетъ, нѣкоторыя изъ нихъ до того нѣжны, что ихъ никогда нельзя будетъ открыть. Но съ однимъ изъ такихъ веществъ, хотя, правда, косвеннымъ путемъ, мы прекрасно знакомы; это то соединеніе, которое, разлагаясь на свѣту, даетъ зеленое красящее вещество листьевъ, хлорофиллъ. Въ свою очередь, хлорофиллъ обладаетъ способностью подъ вліяніемъ свѣта освобождать кислородъ, заключающійся въ выдыхаемой животными углекислотѣ, позволяя такимъ образомъ намъ пользоваться имъ при выполненіи тѣхъ процессовъ окисленія, которые необходимы для поддержанія нашей жизни. Такимъ образомъ наша жизнь поддерживается исключительно благодаря этому фотохимическому процессу, а потому

среди другихъ процессовъ жизненнаго круговорота его слѣдуетъ признать наиболѣе важнымъ. Но въ свою очередь этотъ процессъ, согласно тѣмъ научнымъ даннымъ, которыми мы теперь владѣемъ, не могъ бы совершаться, еслибъ не происходило постоянныхъ измѣненій въ запасѣ фотохимической энергіи, измѣненій, обусловливаемыхъ чередованіемъ дня и ночи, а потому всѣ жизненныя отправленія на нашей планетѣ являются зависящими отъ астрономической постоянной, отъ вращенія земли. На какой-нибудь планетѣ, которая не вращалась бы вокругъ своей оси, жизненные процессы въ той формѣ, въ какой они совершаются у насъ, совершенно не могли бы продолжаться постоянно, хотя бы, по отношенію къ свѣту и теплотѣ, эта планета находилась бы совершенно въ такихъ же условіяхъ, какъ наша. Поэтому, если ближайшій къ намъ по сю сторону солнца міръ, планета Венера дѣйствительно обращена къ центральному свѣтилу, какъ то утверждаетъ Скіапарелли, всегда одной и той же стороной, такъ что другая сторона ея остается въ тѣни, то во всякомъ случаѣ на этомъ красивомъ свѣтилѣ большая часть поверхности лишена жизни. Надо помнить, что у насъ за полярнымъ кругомъ, за одинъ мѣсяцъ непрерывнаго дня, долины покрываются пышной растительностью. Но если бы солнечные лучи падали здѣсь непрестанно, то важное и полезное вліяніе перемѣны скоро утратило бы всякое значеніе.

Составъ хлорофилла, носителя этихъ фотохимическихъ жизненныхъ явленій, равно какъ и составъ едва ли менѣе важнаго бѣлка, въ точности еще неизвѣстенъ. Во всякомъ случаѣ, онъ представляетъ собой очень сложное соединеніе; кромѣ органогеновъ, въ немъ содержатся еще и нѣкоторые минеральные элементы, напримѣръ, желѣзо въ небольшихъ количествахъ. До сихъ поръ не удалось получить хлорофилла въ чистомъ видѣ; его никакъ нельзя отдѣлить отъ тѣхъ остальныхъ растительныхъ продуктовъ, вмѣстѣ съ которыми онъ встрѣчается; онъ чрезвычайно легко разлагается, это то вещество, которое, такъ сказать, исчезаетъ изъ подъ рукъ химика. При томъ не самъ хлорофиллъ является свѣточувствительнымъ веществомъ, а другое соединеніе, по отношенію къ которому онъ является только продуктомъ разложенія. Такъ, растенія, растущія въ темнотѣ, выдѣляютъ желтое красящее вещество, этіолинъ, которое на свѣту зеленѣетъ и превращается въ хлорофиллъ. Но хлорофиллъ обнаруживаетъ свою свѣточувствительность еще особымъ образомъ: свѣтъ оказываетъ на него дѣйствіе направляющее. При освѣщеніи не сильномъ зерна хлорофилла располагаются у тѣхъ сторонъ стѣнокъ клѣтки, на которыя падаетъ свѣтъ, и такимъ образомъ занимаютъ по возможности наибольшую часть освѣщаемой площади. Такимъ образомъ изъ этихъ зеренъ на поверхности листьевъ получается своего рода зеленый экранъ, пропускающій внутрь органической ткани къ лежащимъ глубже слоямъ ея лучи только опредѣленнаго сорта. При сильномъ же освѣщеніи они, наоборотъ, отъ свѣта уходятъ, насколько только это возможно: они располагаются по направленіямъ, параллельнымъ свѣтовымъ лучамъ и при томъ у тѣхъ стѣнокъ клѣтокъ, которыя наименѣе освѣщены. Этотъ слишкомъ яркій свѣтъ разлагаетъ тотъ самый хлорофиллъ, который былъ полученъ путемъ освѣщенія тканей менѣе яркими лучами. Подъ вліяніемъ свѣта непрерывно совершаются, смѣняя другъ друга, тѣ процессы образованія и разложенія, которыми обусловливаются произрастаніе растеній и питаніе животныхъ, акты, объясненіе которыхъ требуетъ еще дальнѣйшихъ изслѣдованій. Процессы эти еще плохо изучены, и потому легко можетъ статься, что хлорофиллъ въ процессѣ собственно усвоенія играетъ только подчиненную роль. Какъ бы то ни было, зерна крахмала, играющія столь важную роль при всякаго рода произрастаніи, образуются только въ присутствіи хлорофилла. Растенія, растущія въ темнотѣ, стало быть, растенія не зеленаго цвѣта, не впитываютъ въ себя минеральныхъ веществъ; вбирая въ себя только воду, они подъ вліяніемъ ея разбухаютъ, но они не цвѣтутъ, не приносятъ плодовъ и не даютъ ничего для міра живыхъ организмовъ. По изслѣдованіямъ Принсгейма выходитъ, что хлорофиллъ является какъ будто только защитительнымъ покровомъ, тѣмъ цвѣтнымъ экраномъ, который служитъ для того, чтобы

отбирать волны опредѣленной длины: выходитъ, что хлорофиллъ служитъ для выдѣленія тѣхъ волнъ, дѣйствіемъ которыхъ обусловливается таинственный процессъ расщепленія внутри клѣтокъ углекислоты на углеродъ, способствующій дальнѣйшему росту растеній, и кислородъ, поддерживающій дыханіе животныхъ. По мѣрѣ того, какъ хлорофиллъ подъ вліяніемъ сильнаго свѣта все болѣе и болѣе исчезаетъ, растеніе перестаетъ выдыхать кислородъ; растенія даже потребляютъ кислородъ, какъ животныя; при этомъ они, какъ и тѣ, даютъ продукты окисленія. Мы снова видимъ, что жизненные процессы обусловливаются множествомъ тончайшихъ условій. На нашу жизнь подѣйствовала бы въ одинаковой мѣрѣ разрушительно и абсолютная темнота, и слишкомъ яркій свѣтъ, и отсутствіе чередованія свѣта и темноты.

Сверхъ того, образованіе хлорофилла возможно только при наличности извѣстнаго количества теплоты. Если весна не достаточно тепла, то молодая листва совершенно ясно „ударяется“ въ желтоватые тона, а если осень слишкомъ холодна, то листья окрашиваются въ великолѣпныя цвѣта, красноватый оттѣнокъ которыхъ въ извѣстныхъ растеніяхъ обусловливается образованіемъ особенной краски, появляющейся уже тогда, когда хлорофиллъ даже еще не разрушенъ. Поэтому есть такія растенія, листья которыхъ въ теченіе всего лѣта сохраняютъ свой красный цвѣтъ; къ такимъ растеніямъ принадлежитъ, напр., красный букъ и т. п. Въ такихъ вѣчно зеленыхъ растеніяхъ, какъ въ нашихъ хвойныхъ деревьяхъ, хлорофиллъ особеннымъ образомъ преобразуется; онъ остается, но не поддерживаетъ ни роста растенія, ни его дыханія до тѣхъ поръ, пока не наступитъ нужная для этого температура. Такимъ образомъ и эти вѣчно зеленыя растенія впадаютъ въ зимнюю спячку, подобно тѣмъ растеніямъ, которыя роняютъ свою листву, но ихъ сонъ кратковременнѣе, потому что хлорофиллъ въ нихъ сохраняется; стоитъ подняться температурѣ, и дѣятельность этого хлорофилла тотчасъ же проявится.

Чрезвычайно важную роль играетъ также такое почти совершенно непонятное вещество, какъ зрительный пурпуръ, находящійся въ глазу человѣка, о вѣроятномъ назначеніи котораго намъ приходилось не разъ говорить (см. стр. 39).

Среди разнаго рода органическихъ веществъ особое мѣсто по своимъ фотохимическимъ свойствамъ занимаетъ то измѣненіе бѣлка, которое называется желатиной; весьма вѣроятно, что это соединеніе принимаетъ участіе въ образованіи растительныхъ тканей. Имъ пользуются въ современной фотографіи при такъ называемомъ пигментномъ печатаніи. Обыкновенная желатина въ холодной водѣ не растворяется, она растворяется въ подогрѣтой водѣ приблизительно до 30—40^0. Это свойство она теряетъ, если прибавить къ ней двухромокислаго кали и поставить на свѣтъ. Послѣ этого она не растворяется и въ кипящей водѣ; растворимыми остаются только тѣ участки соотвѣтственнымъ образомъ приготовленной желатиновой пленки, которыхъ свѣтъ не коснулся. Это свойство позволяетъ намъ получать съ фотографическихъ негативовъ цвѣтные отпечатки: для этого въ желатинѣ растворяютъ ту или другую краску, пигментъ, не мѣняющую своего цвѣта подъ вліяніемъ горячей воды, и намазываютъ эту смѣсь на бумагу. Если погрузить эту бумагу въ растворъ двухромокислаго кали, то она становится свѣточувствительной. Продержавъ ее въ теченіе нѣкотораго времени на свѣту подъ негативомъ, при помощи горячей воды отмываютъ пигментъ, отстающій въ тѣхъ мѣстахъ, которыхъ свѣтъ не коснулся, и у насъ получается цвѣтной отпечатокъ, на который уже не дѣйствуетъ ни вода, ни воздухъ, ни свѣтъ; не измѣняется онъ и подъ вліяніемъ большинства химическихъ реактивовъ. Роль, которую при этомъ играетъ двухромовокислый калій, выяснена не болѣе, чѣмъ дѣйствіе хлорофилла въ вышеописанномъ процессѣ. Хромовая соль съ желатиной не образуетъ никакихъ соединеній; этой соли въ нерастворенномъ остающемся слоѣ совершенно не содержится. Быть можетъ, тутъ при образованіи изъ бѣлковыхъ веществъ органической ткани, на которую не дѣйствуетъ вода, играетъ роль процессъ, сходный съ тѣмъ, который мы только что описали.

Свѣточувствительностью обладаютъ также и неорганическія соединенія, которыя, въ отличіе отъ сложныхъ органическихъ веществъ съ ихъ цѣпями, состоящими изъ многихъ группъ, имѣютъ весьма простой составъ. Теперь почти всѣ пользуются галоидными соединеніями серебра, соединеніями серебра съ хлоромъ, бромомъ и іодомъ для полученія фотографическихъ снимковъ. Въ процессѣ образованія снимковъ играетъ роль не серебро, какъ это думаютъ многіе любители, а галоиды, которые свѣтъ съ большей или меньшей легкостью выдѣляетъ изъ ихъ соединеній. На серебряныхъ соединеніяхъ остановились только по практическимъ соображеніямъ. Мы уже знаемъ (стр. 429), что смѣсь хлора и водорода, хлорный гремучій газъ, при дѣйствіи на него свѣта, взрываетъ, при чемъ $Cl + H$ превращается въ HCl. Такимъ образомъ тутъ подъ вліяніемъ свѣта соединеніе образовалось, въ отличіе отъ тѣхъ органическихъ процессовъ, гдѣ подъ вліяніемъ свѣта происходитъ расщепленіе веществъ съ тѣсно связанными элементами, расщепленіе, сопровождающееся выдѣленіемъ кислорода. Но можетъ оказаться и то, что оба процесса другъ съ другомъ весьма сходны, потому что мы знаемъ, что, напримѣръ, въ хлорной водѣ происходитъ выдѣленіе кислорода. На свѣту растворенный въ водѣ хлоръ расщепляетъ молекулы воды, присоединяя къ себѣ водородные атомы, необходимые ему для образованія сказаннаго соединенія HCl, растворъ котораго въ водѣ носитъ названіе соляной кислоты; въ силу этого, кислородъ самъ долженъ выдѣлиться, какъ онъ выдѣляется въ растеніяхъ подъ вліяніемъ хлорофилла. Точно такимъ же образомъ дѣйствуетъ свѣтъ и на хлорную воду: онъ разлагаетъ воду, соединеніе очень прочное, распадающееся обыкновенно только подъ вліяніемъ очень сильныхъ воздѣйствій, подъ вліяніемъ сильнаго жара или электрическаго тока. Аналогія между этимъ процессомъ неорганической природы и другимъ процессомъ, поддерживающимъ на землѣ жизнь, напрашивается само собой. Присутствіе воды при образованіи HCl и гремучаго хлорнаго газа играетъ также весьма важную, до сихъ поръ еще недостаточно выясненную роль. Совершенно сухой гремучій хлорный газъ взрываетъ только съ большимъ трудомъ; чтобы произошелъ взрывъ необходимо присутствіе слѣдовъ водяного пара, количествомъ которыхъ опредѣляется сила самого взрыва. Весьма вѣроятно, что сначала происходитъ тутъ, какъ въ хлорной водѣ, расщепленіе молекулъ воды, а потомъ, послѣ взрыва, освободившійся кислородъ снова участвуетъ въ образованіи воды.

На тѣхъ же самыхъ процессахъ основывается и бѣлильное дѣйствіе хлора на органическія вещества. Такъ какъ въ такого рода веществахъ всегда содержится водородъ, то хлоръ подъ дѣйствіемъ свѣта присоединяется къ нему и разрушаетъ существующія тутъ соединенія, обусловившія загрязненіе или окраску

Теперь для насъ понятенъ и процессъ полученія фотографическихъ позитивовъ. Тѣ мѣста бумаги, покрытой хлористымъ серебромъ, на которыя попадаетъ свѣтъ, являются пунктами образованія соединенія хлора съ водородомъ; выдѣляющееся при этомъ серебро отлагается здѣсь въ видѣ чернаго порошка. Далѣе, такъ какъ сѣрноватистый натръ обладаетъ свойствомъ образовывать съ хлористымъ серебромъ растворимую двойную соль, то, погружая уже подвергшіяся экспозиціи копіи въ это вещество, мы сможемъ удалить все неразложенное хлористое серебро и сдѣлать такимъ образомъ бумагу несвѣточувствительной, „фиксировать“ изображеніе.

Если оставить въ сторонѣ вопросъ о междумолекулярныхъ процессахъ, то объясненіе химизма процесса полученія позитивовъ не представляетъ никакихъ трудностей. Совсѣмъ не то приходится сказать о процессѣ негативномъ, который до сихъ поръ покрытъ тайной. Извѣстно, что на большинствѣ негативныхъ пластинокъ, покрытыхъ бромистымъ серебромъ, послѣ соотвѣтственнаго освѣщенія изображеніе появляется не сразу. На пластинкѣ, которая уже подверглась дѣйствію свѣта, самое тонкое изслѣдованіе не въ состояніи открыть какихъ либо слѣдовъ физическихъ или химическихъ измѣненій. Если снять съ пластинки слой бромистаго серебра и произвести надъ нимъ анализъ, то въ немъ не окажется ни новыхъ соединеній, ни слѣдовъ чистаго серебра или брома; по крайней

мѣрѣ, при той точности, какую допускаютъ современные пріемы изслѣдованія. Если же облить негативную пластинку однимъ изъ такъ называемыхъ „проявителей“, въ качествѣ которыхъ употребляются самыя разнообразныя вещества, сходныя лишь въ томъ отношеніи, что всѣ они обладаютъ въ большой мѣрѣ способностью притягивать къ себѣ находящійся по смежности съ ними кислородъ и образовывать съ нимъ соединенія, то на мѣстахъ, подвергшихся дѣйствію свѣта, осадится металлическое серебро. Дѣйствительно, тотъ кислородъ, который хлоръ при участьи свѣта выдѣляетъ при позитивномъ процессѣ, освобождается изъ серебряной соли, а металлъ долженъ осадиться. Такимъ образомъ тутъ мы имѣемъ дѣло съ скрытымъ дѣйствіемъ свѣта, съ дѣйствіемъ, которое сказывается только послѣ извѣстной обработки.

Существуетъ мнѣніе, что свѣтъ, который, вообще говоря, при негативномъ процессѣ дѣйствуетъ въ теченіе очень небольшого промежутка времени, можетъ за этотъ срокъ только какъ бы ослабить связи въ молекулахъ, такъ что серебро, оставаясь въ соединеніи съ тѣмъ или инымъ галоидомъ, можетъ быть выдѣлено тутъ съ большей легкостью, чѣмъ въ мѣстахъ дѣйствію свѣта не подвергавшихся. Этотъ взглядъ ничѣмъ не отличается отъ многихъ другихъ, имѣющихъ такое же право на существованіе, и онъ будетъ держаться до тѣхъ поръ, пока не явится другое воззрѣніе, основанное уже на данныхъ опыта и вытекающее изъ тѣхъ или другихъ законовъ. Согласно другому мнѣнію, подъ вліяніемъ свѣта получается промежуточное соединеніе, которое наши реактивы только не могутъ обнаружить и которое въ свою очередь возстановляется легче бромистаго серебра. Но будемъ ли мы держаться того или другого взгляда, мы должны помнить только то, что тутъ мы бродимъ буквально въ потемкахъ.

Однако опыты, произведенные въ послѣднее время надъ негативными снимками, позволяютъ установить новый взглядъ на процессъ полученія такихъ снимковъ. Бромосеребряную пластинку подвергали обычнымъ путемъ дѣйствію свѣта (только надо брать для этихъ опытовъ не очень чувствительныя пластинки) и непроявленную погружали въ ванну съ фиксажемъ; при этомъ должна была смыться вся серебряная соль, даже въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ на нее падалъ свѣтъ, потому что серебро не было возстановлено нигдѣ. Можно было бы думать, что съ такой пластинкой, которая была фиксирована до проявленія, не стоитъ ничего предпринимать: мы уже знаемъ, что само освѣщеніе не вызываетъ въ серебряной соли никакихъ измѣненій и что поэтому употребленная для фиксажа соль должна отмыть все свѣточувствительное вещество. Но если съ такой совершенно чистой пластинкой, по общепринятому взгляду, покрытой только слоемъ желатины, выйти на свѣтъ, и облить ее смѣсью какого-нибудь проявителя съ ляписомъ (такими жидкостями пользуются для „усиленія“ недодержанныхъ пластинокъ) то у насъ получится снимокъ, который ничѣмъ не уступаетъ проявленнымъ по обыкновенному способу. Описанный пріемъ имѣетъ, по сравненію съ обычными методами проявленія, то большое преимущество, что имъ можно пользоваться при дневномъ свѣтѣ. Но чѣмъ же объясняется это невѣроятное на первый взглядъ явленіе? Надо думать, что очень незначительныя количества серебряной соли, по размѣрамъ приближающіяся къ молекуламъ и потому при нашихъ пріемахъ изслѣдованія неуловимыя, дѣйствительно были расщеплены свѣтомъ, и потому въ слоѣ желатины уже было настоящее металлическое серебро. Серебряная соль, навѣрно, была отмыта натромъ. Эти серебряныя молекулы, внѣдрившіяся въ слой желатины, играютъ роль своего рода кристалловъ, около которыхъ уже легко откладываются новыя количества того же вещества. Но всѣ проявители выдѣляютъ изъ ляписа металлическое серебро, а потому получающееся при обливаніи пластинки такимъ растворомъ серебро in statu nascendi откладывается около атомовъ серебра, выдѣленныхъ дѣйствіемъ свѣта уже раньше, и такимъ то образомъ получается изображеніе, при воспроизведеніи котораго не играютъ никакой роли ни свѣтъ, ни галоиды.

Если это объясненіе правильно, — впрочемъ, другое объясненіе едва ли и можно подыскать,—то необходимо допустить, что и при обычномъ пріемѣ проявленія

уже проявитель выдѣляетъ серебро изъ соли, не подвергавшейся дѣйствію свѣта (пластинки мутнѣютъ, если ихъ передержать въ проявителѣ слишкомъ долго); что въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ уже есть молекулы серебра, выдѣленныя свѣтомъ, это отложеніе новыхъ количествъ серебра совершается съ большей легкостью, причемъ тутъ, какъ мы увидимъ въ слѣдующей главѣ, играютъ извѣстную роль явленія электрическія. По новѣйшимъ изслѣдованіямъ Эдера, тутъ образуются подіодистыя и подбромистыя соединенія, промежуточнымъ дѣйствіемъ которыхъ обусловливается выдѣленіе серебра. Такимъ образомъ въ наши воззрѣнія не вносится ничего принципіально новаго. Этотъ методъ позволяетъ намъ дать довольно простое объясненіе химическихъ процессовъ, имѣющихъ мѣсто при фотографированіи; необъясненными остались тутъ, какъ и всегда, только междумолекулярные процессы.

Фотохимическими свойствами хлора, имѣющими такое приложеніе въ процессахъ фотографированія, воспользовались для устройства прибора, служащаго для измѣренія другихъ фотохимическихъ дѣйствій, для устройства такъ называемаго актинометра. Въ принципѣ это фотографическій фотометръ: извѣстное количество свѣта измѣряется постепеннымъ почернѣніемъ свѣточувствительной бумаги, въ большей или меньшей степени, закрытой веществами, поглощающими свѣтъ, напримѣръ, накладками тонкой бумаги.

Фотохимическія дѣйствія происходятъ не только въ поименованныхъ нами соединеніяхъ; существуетъ очень много такого рода соединеній, только всѣ они, по большей части менѣе чувствительны, чѣмъ названныя. Какъ мы уже раньше сказали, выцвѣтаніе многихъ красокъ на солнечномъ свѣту есть также фотохимическій процессъ, который особенно непріятенъ, когда „выцвѣтаетъ“ платье. Такимъ образомъ углубленіе свѣта въ атомную ткань встрѣчается гораздо чаще, чѣмъ то можетъ показаться поверхностному изслѣдователю.

Въ послѣднее время Гольдштейнъ сдѣлалъ весьма интересное открытіе въ этомъ направленіи; онъ показалъ, что ультрафіолетовый свѣтъ, равно какъ и всякаго рода новые лучи сообщаютъ цѣлому ряду веществъ опредѣленную окраску (Nachfarben), которая на обыкновенномъ свѣту или при нагрѣваніи снова исчезаетъ. Тутъ, стало быть, происходитъ такого рода свѣтовое дѣйствіе: сначала короткія волны свѣта вызываютъ извѣстную группировку, а потомъ лучи свѣта, характеризующіеся большей длиной волны, эту группировку снова разрушаютъ.

Оказывается также, что нѣкоторыя вещества по отношенію къ извѣстному сорту свѣта являются болѣе чувствительными, чѣмъ по отношенію къ другому.

Эдеръ собралъ всѣ данныя, касающіяся этого вопроса, и вотъ тѣ выводы, къ которымъ онъ пришелъ (см. Нернстъ, „Теоретическая химія“):

1) Фотохимическія дѣйствія можетъ производить свѣтъ всѣхъ длинъ волны, начиная съ лучей инфракрасныхъ и кончая лучами ультрафіолетовыми.

2) Такого рода дѣйствіе могутъ производить только тѣ лучи, которые поглощаются той или другой системой; другими словами, между химическими дѣйствіями свѣта и свѣтопоглощеніемъ существуетъ тѣсная связь; но способность вещества къ оптическому поглощенію не должна непремѣнно сопровождаться способностью къ сказаннымъ химическимъ дѣйствіямъ.

3) Въ зависимости отъ характера свѣточувствительнаго вещества, каждый сортъ свѣта можетъ оказаться дѣйствующимъ возстановляюще или окисляюще. Но, вообще говоря, красный свѣтъ на металлическія соединенія дѣйствуетъ, по большей части, окисляюще, а фіолетовый, напротивъ того, возстановляющее. Въ скрытомъ свѣтовомъ дѣйствіи краснаго свѣта на серебряныя соли мы имѣемъ какъ разъ тотъ случай, когда свѣтъ дѣйствуетъ на металлическія соединенія возстанавляюще; что же касается до окисляющаго дѣйствія на металлическія соединенія фіолетовыхъ лучей, то до сихъ поръ утверждать, что такого рода дѣйствія существуютъ, исходя изъ опытныхъ данныхъ, мы не можемъ. Повидимому, сильнѣе всего дѣйствуетъ на соединенія

металлоидовъ, въ родѣ гремучаго хлорнаго газа, азотной кислоты, сѣрнистой кислоты и іодистаго водорода, синій и фіолетовый свѣтъ, но водный растворъ сѣроводорода лучше всего разлагается лучами свѣта краснаго. Въ зависимости отъ природы веществъ, свѣтовое дѣйствіе можетъ оказаться окисляющимъ или возстановляющимъ. На органическія соединенія (безцвѣтныя) въ большинствѣ случаевъ наиболѣе окисляющимъ образомъ дѣйствуетъ свѣтъ фіолетовый; краски сильнѣе всего окисляются подъ вліяніемъ тѣхъ лучей, которые они поглощаютъ.

4) Часто важное значеніе имѣетъ поглощеніе свѣта не только тѣмъ основнымъ тѣломъ, на которое падаетъ свѣтъ, но также свѣтопоглощеніе тѣлъ, являющихся его примѣсями: по отношенію къ тѣмъ лучамъ, которые поглощаются такими примѣсями, свѣточувствительность перваго вещества можетъ увеличиться.

5) Вещество, примѣшанное къ свѣточувствительному тѣлу, которое соединяется съ однимъ изъ продуктовъ, выдѣляющихся при фотохимическихъ реакціяхъ (кислородъ, бромъ, іодъ и т. п.), дѣлаетъ невозможнымъ обратную реакцію и тѣмъ увеличиваетъ скорость реакціи химической (химическое очувствленіе).

На свойствахъ фотохимическихъ процессовъ, изложенныхъ въ пунктѣ 4, основывается дѣйствіе чувствительныхъ къ цвѣтамъ эмульсій.

8. Химическія свойства матеріи и электричество.

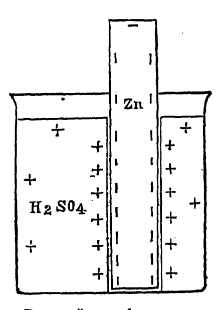
Къ числу явленій наиболѣе своеобразныхъ и важныхъ для выясненія сущности молекулярныхъ процессовъ, принадлежатъ взаимодѣйствія между электрическимъ токомъ и химическими свойствами матеріи. При соприкосновеніи различныхъ веществъ другъ съ другомъ намъ почти всегда приходилось наблюдать химическія дѣйствія, которымъ, до нѣкоторой степени, сопутствовали дѣйствія тепловыя и свѣтовыя; электрическія явленія никогда не наступали сами по себѣ. Мы могли наблюдать ихъ только послѣ того, какъ двѣ различныхъ пары прикасающихся другъ къ другу веществъ образовывали такъ называемую проводящую цѣпь, въ родѣ тѣхъ, которыя имѣются въ разнаго рода гальваническихъ батареяхъ; такъ, напримѣръ, въ элементахъ Даніеля одна пара состоитъ изъ цинка и разведенной сѣрной кислоты, а другая—изъ мѣди и раствора мѣднаго купороса. Но ни въ цинкѣ, ни въ мѣди до тѣхъ поръ, пока они другъ отъ друга отдѣлены, никакихъ электрическихъ дѣйствій не замѣчается. Но химическія дѣйствія, по крайней мѣрѣ, на цинкѣ, наблюдать можно: цинкъ растворяется въ сѣрной кислотѣ и образуетъ цинковый купоросъ. Если обѣ „химическихъ системы“ помѣщены въ отдѣльныхъ сосудахъ, то мы никакихъ другихъ дѣйствій не увидимъ и въ томъ случаѣ, если цинкъ съ мѣдью будутъ соединены. Но стоитъ расположить эти жидкости, очень разбавленный цинковый купоросъ и очень концентрированный мѣдный купоросъ, такъ, чтобы онѣ могли другъ въ друга диффундировать, то есть могли слѣдовать въ томъ направленіи, въ какомъ посылаетъ ихъ осмотическое давленіе,—и въ металлическомъ проводникѣ, соединяющемъ мѣдь съ цинкомъ, появится гальваническій токъ; въ то же время въ химическихъ системахъ будутъ наблюдаться такія измѣненія, какихъ до того мы не замѣчали. Теперь раствореніе цинка идетъ гораздо быстрѣе, чѣмъ раньше, когда металлическаго проводника не было, то есть когда, выражаясь технически, цѣпь была „разомкнута“ (теперешнее расположеніе носитъ названіе цѣпи „замкнутой“). Если цѣпь замкнута, то на мѣди, на анодѣ, изъ мѣднаго купороса отлагается новый слой мѣди. Такимъ образомъ одновременно съ возникновеніемъ и распространеніемъ гальваническаго тока идетъ усиленное проявленіе химическихъ процессовъ; при разомкнутой цѣпи ихъ или вовсе нѣтъ, или они обладаютъ сравнительно небольшой интенсивностью. Обѣ группы явленій, очевидно, связаны другъ съ другомъ и другъ друга въ гальванической батареѣ уравновѣшиваютъ; но рѣшить напередъ, какія именно явленія обусловливаютъ возникновеніе другихъ явленій, мы не можемъ.

Мы знаемъ, что химическія дѣйствія могутъ возникнуть безъ

посредства электричества, а электрическія дѣйствія безъ участія химическихъ превращеній. Такъ, механическія перемѣщенія массъ даютъ намъ въ динамомашинахъ значительно больше элекричества, чѣмъ можно было бы получить при одинаковой затратѣ средствъ путемъ молекулярныхъ передвиженій, совершающихся при химическихъ реакціяхъ въ гальваническихъ батареяхъ. Такими сильными производителями электричества, не зависящими отъ химическихъ реакцій, можно совершенно извратить процессъ, совершающійся въ гальваническихъ батареяхъ. Если черезъ элементъ Даніеля пропускать токъ, по направленію обратный тому, который могъ бы дать самъ элементъ, и если этотъ первый токъ сильнѣе получающагося въ самомъ элементѣ, то и химическія дѣйствія въ элементѣ принимаютъ обратное теченіе: мѣдь на анодѣ растворяется и, образуя мѣдный купоросъ, переходитъ въ растворъ, въ то же время на катодѣ осаждается цинкъ изъ цинковаго купороса. Такимъ образомъ тутъ мы имѣемъ дѣло съ процессомъ вполнѣ обратимымъ. Какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаѣ мы одинаково легко преступаемъ границу, лежащую между областью чисто физической и областью химической. Но вмѣстѣ съ тѣмъ трудно рѣшить, гдѣ собственно проходитъ эта граница. А между тѣмъ, разъ мы желаемъ составить себѣ понятіе о совершающемся тутъ переходѣ одной формы энергіи въ другую, рѣшеніе этого вопроса пріобрѣтаетъ для насъ первостепенное значеніе.

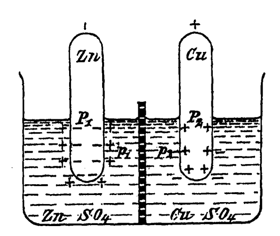
Химическіе процессы мы наблюдаемъ только между электродами въ соединяющей ихъ жидкости, въ электролитѣ, или проводникѣ второго класса. Въ металлическомъ проводникѣ, способствующемъ дальнѣйшему распространенію тока, даже самый сильный токъ не вызываетъ никакихъ измѣненій матеріальнаго характера. Напротивъ того, электрическія дѣйствія далеко не ограничиваются этой частью нашей цѣпи. Когда токъ замкнутъ, электрическія дѣйствія проявляются и въ электролитѣ; впрочемъ иначе и быть не могло, потому что, по нашимъ основаннымъ на опытѣ представленіямъ, гальваническій токъ для своего появленія требуетъ непремѣнно замкнутой цѣпи. Отсюда какъ будто можно сдѣлать выводъ, что первоначальнымъ процессомъ является процессъ электрическій, что онъ только пускаетъ въ ходъ химическій процессъ и затѣмъ имъ себя усиливаетъ. Дѣйствительно мы видѣли, что простого соприкосновенія двухъ неодинаковыхъ металловъ было вполнѣ достаточно для того, чтобы извлечь изъ нихъ электричество, при чемъ никакихъ химическихъ дѣйствій мы не наблюдали. Въ главѣ объ электричествѣ мы уже замѣтили (стр. 316), что и всегда прикосновеніе двухъ разнородныхъ тѣлъ вызываетъ электричество. Если это вѣрно, то, съ другой стороны, всѣ химическія явленія, въ которыхъ разнородныя тѣла приходятъ всегда въ очень тѣсное соприкосновеніе, должны обусловливать возникновеніе электричества. Но наблюдать это электричество приходится не всегда; впрочемъ, и въ другихъ случаяхъ очень рѣдко приходится констатировать электричество, получающееся отъ соприкосновенія, потому что либо оба электричества другъ друга связываютъ, либо тотчасъ разсѣиваются по проводникамъ; впрочемъ послѣднему можно всегда помѣшать. Но если изолировать гальваническую батарею хотя бы самымъ тщательнымъ образомъ, при разомкнутой цѣпи электричества мы все же не получимъ. Спрашивается теперь, выдѣляются ли электричества уже при одномъ погруженіи въ электролитъ соотвѣтственныхъ металловъ или одного металла, оставаясь въ связанномъ состояніи до тѣхъ поръ, пока имъ не будетъ дано выхода, то есть пока не будетъ замкнута цѣпь. При погруженіи пластинки цинка въ разведенную сѣрную кислоту, металлъ на поверхности соприкосновенія съ жидкостью, конечно, могъ бы стать наэлектризованнымъ отрицательно, а сама жидкость наэлектризованной положительно, а мы могли бы ничего не замѣтить, потому что тутъ оба электричества связываютъ одно другое, какъ въ обкладкахъ лейденской банки (см. чертежъ на стр. 561). Условія не измѣнятся и въ томъ случаѣ, если соединить цинкъ или электролитъ отдѣльными проводниками, скажемъ, съ гальванометрами. Токъ не могъ бы получиться, потому что при этомъ расположеніи частей ни одно изъ двухъ электричествъ не получаетъ толчка къ тому, чтобы выйти изъ связаннаго

состоянія, но это можетъ произойти, когда мы погрузимъ кусокъ мѣди въ сосудъ, наполненный электролитомъ, въ которомъ уже находится цинковая пластинка. Теперь между пластинками, мѣдной и цинковой, появляется напряженіе (разность потенціаловъ), которое стремится положительное электричество внутри сосуда переместить по направленію къ мѣди, а отрицательное по направленію къ цинку. (см. чертежъ ниже). Какъ только мы соединимъ оба металла проводникомъ внѣ электролита, отрицательное электричество, накопляющееся на цинковой пластинкѣ, сможетъ соединиться съ положительнымъ, образовавшимся на мѣдной. Теперь цѣпь замкнута, и токъ можетъ течь до тѣхъ поръ, пока продолжаются молекулярныя измѣненія; измѣненія эти, надо полагать, совершаются параллельно теченію тока, потому что другой причины появленія этой электрической силы нигдѣ въ получившейся у насъ системѣ указать нельзя. Итакъ мы должны признать, что соприкосновеніе двухъ неодинаковыхъ веществъ (даже при томъ расположеніи опыта, какое у насъ) можетъ дать только статическое, не движущееся электричество, но не токъ, и что этотъ послѣдній своимъ возникновеніемъ обязанъ химическимъ измѣненіямъ, совершающимся въ электролитахъ.



Раздѣленіе электричествъ въ электролитахъ.
Ст. текстъ, стр. 560.

Для того, чтобы внести въ опытъ всю возможную ясность, возьмемъ платиновые электроды; на платину, какъ мы знаемъ, не дѣйствуетъ почти ни одинъ химическій реактивъ. Для того, чтобы получить въ электролитахъ болѣе сильныя дѣйствія, мы беремъ электрическій токъ отъ другихъ источниковъ; намъ только надо было предварительно убѣдиться, что при одномъ и томъ же направленіи тока въ качественномъ отношеніи будутъ получаться въ этомъ случаѣ тѣ же результаты, что и при примѣненіи гальванической батареи. Въ качествѣ электролита мы возьмемъ сначала совершенно чистую воду. Оказывается, что она проводитъ совершенно ничтожныя количества электричества, потому что вода безъ примѣсей представляетъ собой весьма плохой проводникъ. Гальваническая батарея изъ чистой воды не производила бы почти никакого дѣйствія. Но стоитъ прибавить къ водѣ немного соляной кислоты, и тотчасъ же, при извѣстной силѣ тока, на обоихъ электродахъ начнется сильное выдѣленіе газовъ. На анодѣ, гдѣ собирается положительное элекричество, выдѣляется газообразный хлоръ, а на катодѣ — водородъ; дѣйствительно, соляная кислота представляетъ собой водный растворъ хлороводорода, ангидридъ котораго имѣетъ формулу такого вида: HCl. Если бы помѣстили этотъ газъ между электродами, то токъ не произвелъ бы дѣйствія, видѣннаго нами въ предыдущемъ случаѣ. Для такого раздѣленія необходимъ водный растворъ газа, хотя одна вода никакого дѣйствія сама по себѣ не производитъ.



Возникновеніе электрическаго напряженія въ электролитахъ при погруженіи въ нихъ неодинаковыхъ металловъ.
См. текстъ выше.

Оба газа выдѣляются при этомъ въ равныхъ объемахъ; такимъ образомъ молекулы HCl распались на свои однозначные атомы. Это обстоятельство заслуживаетъ особаго вниманія; въ самомъ дѣлѣ, если бъ электричество само по себѣ обладало способностью расщеплять химическія молекулы, то, при допущеніи, что каждый родъ электричества притягиваетъ только извѣстнаго рода атомы, мы должны были бы каждый разъ имѣть свободные атомы и другого рода, потому что въ данномъ случаѣ они съ другимъ веществомъ въ соединеніе не вступаютъ. Такимъ образомъ или на обоихъ электродахъ сразу, или только на одномъ изъ нихъ должны были бы выдѣляться оба газа сразу, непремѣнно смѣсь обоихъ газовъ. Но, даже допустивъ, что электричество раздѣляетъ вещество на составныя части на электродахъ вполнѣ самостоятельно, мы все же не могли бы объяснить причины переноса электричества съ одного электрода на другой, потому что

электрическая сила уже израсходована на расщепленіе вещества. Газы, которые выдѣляются, электрическихъ зарядовъ не имѣютъ. Будемъ пока держаться гипотезы двухъ электрическихъ жидкостей, которыя при индифферентномъ состояніи матеріи другъ друга связываютъ. Согласно этой гипотезѣ, разсматриваемый нами процессъ получаетъ слѣдующее объясненіе: съ атомами хлора связано всегда электричество одного рода, съ атомами водорода — электричество другого рода; благодаря этому, они и образуютъ соотвѣтственныя молекулы. Дѣйствіе положительнаго электричества (анодъ) отрываетъ отрицательно заряженный атомъ хлора отъ молекулы, въ которой онъ до того находился; при соприкосновеніи съ анодомъ, электричество анода нейтрализуетъ электричество, связанное съ хлоромъ, и потому газъ выдѣляться можетъ только въ (электрически) нейтральномъ состояніи. Освободившійся при этомъ водородный атомъ заряженъ положительно, и потому отталкивается отъ анода по направленію къ катоду. Но при этомъ онъ соединяется съ какой-нибудь молекулой, еще не разложенной, и вмѣстѣ съ ней совершаетъ свой переходъ отъ анода къ катоду. Придя туда, водородный атомъ, который съ своимъ носителемъ связанъ чрезвычайно слабо, притягивается къ катоду находящимся на послѣднемъ электричествомъ противоположнаго знака и, отчасти его нейтрализуя, выдѣляется въ свободномъ видѣ и безъ заряда. Совершенно обратному процессу подвергается хлоръ. На катодѣ выдѣляется водородъ, который смѣшивается съ водородомъ, перенесеннымъ съ анода, отщепившійся же отъ молекулы хлоръ направляется къ аноду. Такимъ образомъ въ электролитѣ при этомъ процессѣ должны существовать совершенно особымъ образомъ составленныя молекулы: съ одними изъ нихъ связаны заряженные отрицательно атомы хлора, съ другими — заряженные положительно атомы водорода, хотя, разумѣется, никакой химической связи въ собственномъ смыслѣ этого слова тутъ нѣтъ.

Фарадей предположилъ, что существуютъ такіе особые электрическіе атомы, которые присоединяются къ атомамъ или молекуламъ. Эти электрическіе атомы онъ назвалъ іонами; положительно наэлектризованный атомъ называется аніономъ, а отрицательный катіономъ. Мы будемъ обозначать іоны соотвѣтственно такими символами ⊕ и ⊖, а наши перемѣщающіеся наэлектризованные „іонизованные“ атомы въ электролитахъ: H⊕ Cl⊖; мы временно будемъ придерживаться фарадеевыхъ воззрѣній — они общеприняты, къ нашей же чисто механической гипотезѣ, изложенной у насъ въ отдѣлѣ физики, въ главѣ объ электрическихъ явленіяхъ, мы вернемся лишь тогда, когда будутъ разсмотрѣны нѣкоторые новые факты.

При расщепленіи молекулъ въ электролитахъ, въ обѣ стороны будутъ переноситься одинаковыя количества электричества; тутъ мы имѣемъ дѣло съ извѣстнымъ круговоротомъ, а при круговоротѣ могутъ имѣть мѣсто только одинаковыя напряженія. Если бы на одинъ электродъ постоянно переносились бы бо̀льшія количества электричества, чѣмъ на другой, то мало-по-малу тутъ бы накопился безконечно большой запасъ электричества, который не принималъ бы никакого участія въ кругообротѣ. Отсюда мы заключаемъ, что водородный іонъ и іонъ хлора должны заключать въ себѣ одинаковыя количества электричества, отличающіяся только знакомъ. Но это не вполнѣ понятно. Въ самомъ дѣлѣ масса атома хлора въ 35 разъ больше массы атома водорода, — таково отношеніе атомныхъ вѣсовъ обоихъ газовъ. Такимъ образомъ атомъ хлора долженъ былъ бы имѣть и емкость въ 35 разъ большую; на самомъ же дѣлѣ онъ переноситъ ровно столько же электричества, сколько и водородный атомъ, и во всякомъ случаѣ большаго количества не выдѣляетъ. Въ настоящее время это положеніе подтверждается всѣми извѣстными фактами. Электролитическимъ путемъ можно разложить даже очень сложное химическое соединеніе всегда только на двѣ группы атомовъ; одна изъ этихъ группъ является носительницей положительнаго электричества, другая — носительницей отрицательнаго, и во всѣхъ случаяхъ оказывается, что эти группы заряжены равными, но обратными по знаку количествами электричества. Возьмемъ вмѣсто соляной кислоты

сѣрную, H_2SO_4: она распадается на двѣ группы H_2 и SO_4; съ каждымъ изъ водородныхъ атомовъ связано одно и то же количество положительнаго электричества, такимъ образомъ въ другой группѣ, въ SO_4, должно содержаться электричество обратнаго знака въ количествѣ, двойномъ противъ водороднаго іона. Символически этотъ процессъ электролитической диссоціаціи можно представить такъ: $H_2SO_4 = H\oplus + H\oplus + SO_4\ominus\ominus$. Мы видимъ, что между этой „іонизаціей“ и химической значностью есть нѣчто общее. На каждомъ изъ электродовъ должно быть насыщено одно и то же число единицъ сродства. Два катіона двухъ водородныхъ атомовъ присоединяются къ другой группѣ къ аніону, къ остатку сѣрной кислоты, SO_4. Такимъ образомъ по отношенію къ электролитическимъ процессамъ атомъ водорода является однозначнымъ, а остатокъ сѣрной кислоты — двузначнымъ, что вполнѣ соотвѣтствуетъ ихъ химической значности.

То же самое наблюдается при электрической диссоціаціи и во всѣхъ другихъ веществахъ. Возьмемъ, напримѣръ, ѣдкій натръ, NaOH; разлагаясь, онъ распадается на натрій и водный остатокъ, OH; первый, какъ оказывается, заряженъ положительнымъ электричествомъ, второй — отрицательнымъ. Такимъ образомъ у насъ получается, что $NaOH = Na\oplus + OH\ominus$. Однозначны обѣ части и съ точки зрѣнія чистой химіи. Но, если разложить окись барія $Ba(OH)_2$, то каждый изъ „гидроксильныхъ іоновъ“, $OH\oplus$, будетъ заряженъ отрицательно, что же касается до выдѣляющагося барія, то на немъ, по сравненію съ OH, будетъ двойной зарядъ, $Ba\oplus\oplus$; какъ химическій элементъ, барій также двузначенъ.

Если мы имѣемъ дѣло съ соединеніемъ ненасыщеннымъ, то каждая группа его можетъ принять въ себя тѣмъ больше электричества, чѣмъ больше имѣется въ ней однородныхъ атомовъ, а потому и электрическая значность такихъ соединеній можетъ быть въ разныхъ случаяхъ неодинаковой. Такъ, напримѣръ, существуетъ хлористое соединеніе желѣза $FeCl_2$, въ которомъ изъ трехъ единицъ сродства желѣза насыщено только двѣ. Если разложить это вещество электрическимъ путемъ, то атомъ желѣза, въ соотвѣтствіи съ тѣмъ, что у насъ два отрицательныхъ іона хлора, сможетъ присоединить только два катіона, и потому, стало быть, онъ электрически двухзначенъ. Но есть и другое хлористое соединеніе желѣза $FeCl_3$; при разложеніи его оказывается, что желѣзо и по отношенію къ этому электрическому процессу является, какъ всегда, трехзначнымъ. Вспомнимъ теперь, что при электрической диссоціаціи могутъ въ результатѣ получаться только группы одной и той же электрической значности, то есть что раздѣленныя теперь группы электрически равнозначны, что это распаденіе происходитъ именно тамъ, гдѣ легче всего распадается соединеніе при разнаго рода химическихъ взаимодѣйствіяхъ. Стало быть, распаденіе это происходитъ тамъ, гдѣ соединеніе распадается на двѣ группы, по числу единицъ сродства, имъ свойственныхъ, химически равнозначныхъ. Отсюда мы видимъ, что значности химической всегда соотвѣтствуетъ точно такая же значность электрическая; исключенія изъ этого положенія объясняются въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ наличностью особыхъ условій. Но это совпаденіе позволяетъ намъ предположить, что одинъ изъ этихъ процессовъ является необходимымъ слѣдствіемъ другого и что электрическіе процессы объясняются извѣстными химическими процессами или наоборотъ. Чтобы понять эти двѣ большія группы явленій природы, чрезвычайно важно, какъ можно тщательнѣе, прослѣдить ихъ взаимоотношенія.

При электрической диссоціаціи того или другого вещества на обоихъ электродахъ всегда отлагаются химически равнозначныя количества (эквивалентныя количества) составныхъ частей. Это положеніе было установлено Фарадеемъ, который назвалъ его основнымъ закономъ электролиза. Но надо замѣтить, что на практикѣ можетъ также оказаться, что количества выдѣлившихся на электродахъ веществъ не равнозначны другъ другу; объясняется это тѣмъ, что нѣкоторыя вещества по выдѣленіи тотчасъ же соединяются съ другими, тутъ же

находящимися. Разумѣется, такое раствореніе можно всегда прослѣдить при помощи методовъ химическаго анализа и принять въ разсчетъ при теоретическомъ изслѣдованіи вопроса. Если, напримѣръ, подвергнуть электролизу воду, получающіеся іоны распредѣляются такъ: H⊕ и OH⊖. Группы водныхъ остатковъ насыщаютъ свое сродство путемъ разложенія ненаэлектризованныхъ молекулъ воды и снова образуютъ воду. При этомъ процессѣ освобождаются атомы кислорода.

Процессъ, совершающійся въ элементѣ Даніеля, протекаетъ слѣдующимъ образомъ. При погруженіи цинка въ разведенную сѣрную кислоту, остатокъ сѣрной кислоты и цинкъ даютъ цинковый купоросъ, $ZnSO_4$, благодаря чему число связанныхъ группъ SO_4 возрастаетъ все больше и больше. Въ смежной ячейкѣ находится концентированный растворъ мѣднаго купороса, который отдѣленъ отъ перваго раствора только проницаемой стѣнкой. Но для того, чтобы привлечь сюда группы SO_4, соединенныя съ мѣдью, одного осмотическаго давленія недостаточно. При соприкосновеніи съ мѣдью онѣ отщепляются, заряжаются отрицательнымъ электричествомъ, затѣмъ при помощи осмотическаго давленія проходятъ сквозь стѣнку ячейки туда, гдѣ находится цинкъ, при чемъ мѣдь, соотвѣтствующая каждой изъ этихъ группъ, освобождаясь, отлагается на имѣющейся уже мѣди. Такимъ образомъ, по мѣрѣ того, какъ электрическій процессъ подвигается впередъ, растворъ мѣднаго купороса становится группами SO_4 все бѣднѣе, разжижается, а растворъ цинковаго купороса становится все болѣе и болѣе концентрированнымъ. Для того, чтобы усилить дѣйствіе элемента, полезно брать растворъ цинковаго купороса по возможности слабый, а растворъ мѣднаго купороса возможно концентрированный; тогда осмотическое давленіе еще болѣе усиливаетъ передвиженіе іоновъ. Это передвиженіе, а вмѣстѣ съ нимъ и гальваническій токъ прекращаются, лишь только растворъ цинковаго купороса насытится, или вся мѣдь, содержащаяся въ другомъ растворѣ, осадится на электродѣ. Поэтому гальваническіе элементы этого типа устраиваютъ такъ, чтобы растворъ мѣднаго купороса всегда сообщался съ твердыми кристаллами этого вещества, благодаря чему онъ всегда можетъ оставаться концентрированнымъ. Съ другой, стороны, пока только есть металлическій цинкъ, не можетъ насытиться растворъ цинковаго купороса: всегда будетъ уходить отсюда достаточное число кислотныхъ остатковъ. Такимъ образомъ при этомъ процессѣ ни одно вещество изъ системы не выводится. Въ то же время мы можемъ предсказать, что цинкъ и мѣдь принимаютъ участіе въ процессѣ въ количествахъ всегда эквивалентныхъ. Если, напримѣръ, за извѣстное время отложилось 63,6 гр. мѣди, то можно предсказать, что цинка растворилось за это время 65,4 гр.: *таковы именно атомные вѣса этихъ двухъ металловъ*.

Изъ того, что мы узнали до сихъ поръ, вытекаетъ, что для выдѣленія граммъ-эквивалента какого-либо вещества требуется всегда одно и то же количество электричества. Подъ *граммъ-эквивалентомъ* мы подразумѣваемъ число граммовъ, равное атомному или молекулярному вѣсу того или другого вещества. Такъ граммъ-эквивалентъ водорода въ свободномъ состояніи, молекулы котораго состоятъ изъ двухъ атомовъ, равняется 2 гр. Количество же электричества, соотвѣтствующее такому граммъ-эквиваленту, какъ показали измѣренія, равно 96,540 амперо-секундамъ, или кулонамъ; въ честь Фарадея оно названо „Фарадой;“ оно обозначается знакомъ F.

По отношенію къ раздѣленію соединеній на *группы, заряженныя положительно, и группы, заряженныя отрицательно*, надо замѣтить, что одни элементы и группы атомовъ заряжаются только положительно, другіе только отрицательно; кромѣ того, есть еще третій классъ; входящія въ составъ его вещества до распаденія соединенія на части бываютъ соединены то съ элементами положительными, то съ элементами отрицательными: они принимаютъ знакъ противоположный тому, какой имѣлъ связанный съ ними элементъ или группа атомовъ. Безусловно *положительно* электризующимися оказываются всѣ металлы съ водородомъ во главѣ, то есть всѣ элементы, стоящіе въ періодической системѣ

(стр. 459) слѣва, включая сюда три группы по три элемента каждая,—группы желѣза, рутенія и платины, стоящія въ періодической системѣ на особомъ мѣстѣ между элементами, расположенными слѣва и элементами, занимающими мѣсто справа. Отрицательными, какъ оказывается, будутъ всѣ элементы, стоящіе справа, въ особенности же галлоиды. Тѣла, іоны которыхъ могутъ мѣнять знакъ, находятся въ системѣ по серединѣ; къ числу ихъ относится, напр., углеродъ.

Такимъ образомъ горизонтальныя строки элементовъ періодической системы представляютъ собой ряды электролитическихъ напряженій, подобные ряду Вольты и ряду, получившемуся при изслѣдованіи электричества тренія.

Элементы какого-либо горизонтальнаго ряда, наиболѣе другъ отъ друга удаленные, стало быть, обладающіе способностью принимать наиболѣе разнящіеся заряды, образуютъ въ то же время и наиболѣе прочныя химическія соединенія; таковы, напримѣръ, составныя части фтористаго водорода или хлористаго натрія; тѣла, получающіяся въ результатѣ, совершенно не похожи на вещества, взятыя для соединенія; напротивъ того, тѣ тѣла, іоны которыхъ имѣютъ одинъ и тотъ же знакъ (положимъ, металлы), образуютъ соединенія, свойства которыхъ болѣе или менѣе напоминаютъ свойства взятыхъ нами веществъ. Въ виду этого, мы въ правѣ допустить, что сказанныя электрическія свойства при химическихъ процессахъ играютъ важную роль.

Въ тѣсной связи съ этими взаимоотношеніями стоятъ тѣ напряженія, которыя необходимы для раздѣленія электролитическимъ путемъ на элементы или группы тѣхъ или другихъ соединеній. По Вильсмору, эти напряженія представляются нижеслѣдующимъ рядомъ чиселъ.

Напряженія, необходимыя для разложенія растворовъ нормальной концентраціи (по Вильсмору) (H=±O).

Катіоны.				Аніоны.	
Магній	+ 1,482	Кобальтъ	+ 0,232	Іодъ	— 0,520
Алюминій	+ 1,276	Никель	+ 0,228	Бромъ	— 0,993
Марганецъ	+ 1,075	Свинецъ	+ 0,151	Кислородъ	— 0,08
Цинкъ	+ 0,770	Мѣдь	— 0,329	Хлоръ	— 0,417
Кадмій	+ 0,420	Ртуть	— 0,753	OH	— 1,68
Желѣзо	+ 0,344	Серебро	— 0,771	SO_4	— 1,9
				HSO_4	— 2,6

Всѣ эти напряженія выражены въ приведенной таблицѣ въ вольтахъ; числа эти показываютъ, какова должна быть разность потенціаловъ одного изъ электродовъ и жидкости для того, чтобы соотвѣтственное вещество могло быть выдѣлено путемъ электролиза изъ любого соединенія, въ которомъ оно содержится; разумѣется, въ то же время необходимо принять въ разсчетъ и силу обратнаго направленія у другого электрода, соотвѣтствующую веществу другого іона. Положимъ, мы разлагаемъ электролитическимъ путемъ хлористое желѣзо; по таблицѣ, желѣзу соотвѣтствуетъ + 0,344 вольтъ, хлору — 1,417 вольтъ, что даетъ разность напряженій между электродомъ 1,76 вольтъ. Въ элементѣ Даніеля отлагается мѣдь; для такого разложенія необходимо напряженіе — 0,33 вольта; потенціалъ другого электрода, цинковаго, равенъ + 0,77; отсюда слѣдуетъ, что разность потенціаловъ электродовъ этого гальваническаго элемента или, что все равно, его электродвижущая сила, должна быть равна 0,77 + 0,33 = 1,1, что вполнѣ согласуется съ результатами прямыхъ измѣреній. Такимъ образомъ силы элемента Даніеля для разложенія хлористаго желѣза не достаточно. Глиноземъ представляетъ собой окись алюминія, Al_2O_3. Изъ нашей таблицы видно, что для выдѣленія алюминія электролитическимъ путемъ достаточно разности потенціаловъ въ 1,276 + 1,08 = 2,36 вольтъ. Получить такой величины напряженіе, разумѣется, весьма легко, но глиноземъ, къ сожалѣнію, нерастворимъ; поэтому сразу электролизу подвергнуть его нельзя: для передвиженія іоновъ отъ одного электрода къ другому надо, чтобы вещество было жидкимъ. Этимъ объясняется большая трудность полученія алюминія при помощи электролиза; осуществить это удалось

только при помощи одного процесса, который до сихъ поръ все еще держится въ секретѣ. Въ другихъ случаяхъ, гдѣ мы имѣемъ дѣло съ соединеніями, даже легко растворимыми (хлористый натрій, или поваренная соль), прямое раздѣленіе не удается потому, что освобождающійся металлъ тотчасъ же окисляется въ растворителѣ (въ данномъ случаѣ въ водѣ): на отрицательномъ электродѣ выдѣлится хлоръ, на положительномъ же будетъ осаждаться водородъ, освобождающійся изъ воды при соединеніи натрія съ ея кислородомъ, въ результатѣ котораго получается ѣдкій натръ.

При разнаго рода электролитическихъ процессахъ важную роль играетъ растворимость вещества; поэтому растворимость, какъ мы сказали уже раньше, связана очень тѣсно съ осмотическимъ давленіемъ. Іоны перемѣщаются отъ одного электрода къ другому. Благодаря этому, разъ іоны получаются въ одномъ и томъ же сосудѣ, въ которомъ нѣтъ перегородки, концентрація электролита, находящагося въ томъ же сосудѣ, будетъ въ разныхъ мѣстахъ неодинакова; на электродахъ выдѣляются неодинаковыя вещества. Вслѣдствіе этого возникаетъ осмотическое давленіе, которое, разумѣется, дѣйствуетъ по направленію обратному, по сравненію съ электродвижущей силой: разница въ концентраціи обусловлена именно этой электродвижущей силой, осмотическое же давленіе стремится уравнять концентрацію. Такимъ образомъ токъ можетъ получиться лишь въ томъ случаѣ, когда его электродвижущая сила больше, нежели осмотическое давленіе. Но возникновенію тока мѣшаютъ еще и другія обстоятельства; гальваническая батарея, какъ говорятъ, поляризуется. Чтобы избѣжать этой поляризаціи, въ элементы вводятъ тѣ глиняные цилиндры, о которыхъ намъ уже приходилось говорить; пользуясь ими можно сдѣлать такъ, что жидкости, окружающія электроды, будутъ имѣть такія концентраціи, при которыхъ осмотическое давленіе будетъ даже способствовать переносу іоновъ и такимъ образомъ обратится въ силу, принимающую участіе въ образованіи электричества. Сверхъ того, съ его помощью можно ограничить размѣры противодѣйствія химическихъ силъ.

Но осмотическое давленіе въ процессѣ образованія тока въ гальваническихъ батареяхъ играетъ кромѣ этого еще совершенно иную роль. Было найдено, что въ водныхъ растворахъ большинство веществъ имѣетъ аномальное осмотическое давленіе. При разсмотрѣніи этого явленія (стр. 520), совершенно случайно пролившаго свѣтъ на множество сторонъ природы, мы видѣли, что оно даетъ намъ возможность судить о числѣ молекулъ, заключающихся въ разведенномъ растворѣ того или другого вещества. Чѣмъ больше въ такомъ растворѣ молекулъ, тѣмъ сильнѣе и давленіе, и на основаніи найденныхъ зависимостей его можно опредѣлить. Такъ, напримѣръ, осмотическое давленіе сѣрной кислоты, растворенной въ большомъ количествѣ воды, будетъ въ три раза больше, по сравненію съ тѣмъ, какое можно было бы предположить, исходя изъ формулы H_2SO_4. Такимъ образомъ изъ одной такой молекулы сдѣлалось три; другими словами, раствореніе вызвало диссоціацію; итакъ у насъ три отдѣльныхъ части: на долю двухъ изъ нихъ приходится по одному водородному атому, на долю третьей—кислотный остатокъ. Диссоціація путемъ растворенія въ водѣ, гидролитическая диссоціація, протекаетъ тутъ, какъ надо думать, исходя изъ формулы такъ: $H_2SO_4 = H + H + SO_4$. Приходится допустить, что сильное разжиженіе, которое имѣетъ тутъ мѣсто, производитъ на молекулы значительную тягу и что эта тяга дѣйствуетъ здѣсь такъ, какъ теплота на газы: расширеніе, вызываемое теплотой, заставляетъ газъ диссоціировать. Но отщепленные атомы или группы атомовъ содержатся въ растворахъ не въ свободномъ состояніи; они связаны молекулами воды, ибо онѣ остаются въ растворѣ. То же самое происходитъ и при раствореніи въ водѣ хлороводорода. Осмотическое давленіе такого раствора въ два раза больше вычисленнаго теоретически: стало быть, тутъ HCl раздѣлилось на $H + Cl$. Если брать не водные растворы, а другіе, напр., спиртовые, то тутъ такихъ аномалій въ „давленіяхъ пара“, не замѣчается (мы говоримъ о „давленіяхъ пара“, потому что изъ приведенныхъ выше соображеній вытекаетъ, что здѣсь можно употребить именно это выраженіе); эти аномаліи за-

мѣчаются, вообще говоря, только въ тѣхъ растворахъ, которые являются въ то же время электролитами. Итакъ эти электрическіе процессы въ свою очередь тѣсно связаны съ кинетической теоріей газовъ; эта теорія дала намъ законы осмотическаго давленія; она основывается, какъ мы помнимъ, на нашихъ представленіяхъ о прямолинейности и равномѣрности движеній атомовъ, не обладающихъ, кромѣ этого, никакими другими свойствами, движеній, въ которыхъ мы видимъ послѣднюю причину всего міровогo бытія.

Подвижность іоновъ въ механизмѣ образованія тока играетъ, очевидно, весьма важную роль; въ самомъ дѣлѣ, каждый іонъ переноситъ одно и то же количество электричества, и отъ числа іоновъ, доходящихъ до электродовъ, на которыхъ они оставляютъ свои заряды, должна зависѣть сила тока. На эту быстроту перемѣщенія іоновъ дѣйствуетъ, очевидно, много обстоятельствъ. Причиной ея является отталкиваніе наэлектризованныхъ тѣлецъ, а потому, она должна зависѣть прежде всего отъ разности потенціаловъ на электродахъ, затѣмъ отъ величины перемѣщающихся атомовъ или группъ атомовъ и, наконецъ, отъ концентраціи раствора, черезъ который должны будутъ проходить заряженныя частицы. Болѣе подробное разсмотрѣніе всѣхъ этихъ условій завело бы насъ въ сторону слишкомъ далеко; поэтому мы ограничимся общимъ замѣчаніемъ, указавъ, что скорость эта во всѣхъ случаяхъ сравнительно не велика и что она совершенно не зависитъ отъ той скорости, которую имѣетъ токъ внѣ электролита. Путемъ изслѣдованія растворовъ различныхъ разведеній нашли, что абсолютная скорость іоновъ въ растворѣ безконечно разжиженномъ, при прохожденіи сквозь электролитъ тока, преодолѣвающаго сопротивленіе въ одинъ омъ, и при температурѣ въ 18° равняется для указываемыхъ нами веществъ столькимъ сантиметрамъ въ секунду:

Катіоны.				Аніоны.			
Калій	65,3	Литій	35,5	Хлоръ	65,9	ClO_3	56,5
Аммоній	65,2	Серебро	55,7	Бромъ	66,7	COOH	45
Натрій	44,4	Водородъ	318	Іодъ	66,7	OH	174
				NO_3	60,8		

Если взять не 18°, а другую температуру, то ей будутъ соотвѣтствовать нѣсколько измѣненныя числа. На первый взглядъ можетъ показаться удивительнымъ, что процессъ перемѣщенія наэлектризованныхъ частицъ совершается столь медленно, потому что мы въ правѣ были бы ожидать, что во всей цѣпи токъ будетъ имѣть одну и ту же скорость. Но мы должны вспомнить, что химически раздѣлены были частицы растворённаго вещества еще до возникновенія тока, и что при погруженіи металлическихъ электродовъ тотчасъ же наступило и раздѣленіе электричествъ. Вслѣдъ за разрядившейся частицей на электродѣ на разныхъ мѣстахъ его появляются новыя заряженныя частицы; благодаря этому, поддерживается токъ, который въ проводникахъ металлическихъ распространяется съ весьма значительной характерной для него скоростью. Такимъ образомъ отъ скорости іоновъ, въ связи съ другими свойствами, зависитъ не скорость тока, а лишь его сила. Отсюда мы сразу заключаемъ, что сила тока зависитъ отъ величины поверхности электродовъ, къ которымъ стремятся іоны.

Эту абсолютную скорость перемѣщенія іоновъ какого-либо вещества можно называть также его молекулярной проводимостью, потому что эти самые іоны переносятъ электричество въ электролитахъ. Кольраушъ первый нашелъ, что при наличности неодинаковыхъ іоновъ эта проводимость слагается изъ суммы проводимостей отдѣльныхъ іоновъ. Если нашъ электролитъ хлористое серебро, то его проводимость равна $55{,}7 + 65{,}9 = 121{,}6$. Эта важная зависимость носитъ названіе закона Кольрауша; отношеніе абсолютной скорости одного изъ іоновъ къ суммѣ обѣихъ скоростей называется числомъ переноса (Гитторфъ); въ данномъ случаѣ, для серебра это число равно $55{,}7 : 121{,}6 = 0{,}46$.

По воззрѣніямъ Фарадея, электричество состоитъ изъ двухъ невѣсомыхъ жидкостей, обладающихъ взаимно противоположными полярными свойствами и при соединеніи нейтрализующихся, становящихся

недѣятельными. Если допустить, что эти жидкости, какъ всѣ другія, состоятъ изъ атомовъ, то есть въ этомъ случаѣ изъ такъ называемыхъ электроновъ вида ⊕ и ⊖, величина которыхъ, по сравненію съ химическими атомами, все же достаточно мала, то соединеніе такихъ жидкостей даетъ не имѣющія массъ молекулы ⊕ ⊖; вещество, представляемое ими, должно содержаться во всѣхъ тѣлахъ, потому что электричество можно получить изъ любого вещества. Отсюда мы видимъ, что электроны, судя по этимъ свойствамъ, тождественны съ тѣми первичными атомами, изъ которыхъ, какъ мы полагаемъ, состоитъ міровой эѳиръ. Медленность перемѣщенія іоновъ пробовали объяснить значительностью сопротивленія, обусловленнаго треніемъ, испытываемымъ весьма малыми электрическими или эѳирными атомами при прохожденіи ихъ черезъ растворитель.

По этому поводу Нернстъ высказываетъ слѣдующее соображеніе: „Вспомнимъ, что мелкій, взвѣшенный въ водѣ, порошокъ осѣдаетъ на дно чрезвычайно медленно; онъ осѣдаетъ тѣмъ медленнѣе, чѣмъ мельче его частицы; поэтому столь необыкновенно мелкія частички, какъ іоны, съ сколько нибудь замѣтной скоростью могутъ перемѣщаться въ растворителяхъ только подъ вліяніемъ необычайно большихъ силъ“.

Но намъ кажется, что это воззрѣніе не вяжется съ другими свойствами свѣтового эѳира, движенія котораго распространяются во всѣхъ тѣлахъ съ извѣстной намъ огромной быстротой. Въ отдѣлѣ физики, въ этомъ же сочиненіи мы проводили другой взглядъ на происхожденіе электричества, взглядъ, при которомъ не приходилось допускать существованія какихъ бы то ни было особенныхъ жидкостей, или особенныхъ свойствъ эѳира; достаточно было предположить, что движенія атомовъ въ молекулярныхъ системахъ совершаются по нѣкоторымъ особымъ направленіямъ. Наше апріорное допущеніе о параллелизмѣ между системами молекулярными и планетными было постоянно подтверждаемо фактами, устанавливаемыми нами при изслѣдованіи явленій химическихъ; кромѣ того, мы имѣли возможность убѣдиться въ томъ, что для каждой особой группировки частей матеріи существуютъ особыя вращенія проникающаго повсюду свѣтового эѳира. Мы представляемъ себѣ связь между направленіемъ движеній частицъ матеріи по орбитамъ и физическими, а въ частности электрохимическими свойствами матеріи слѣдующимъ образомъ.

Если матерія находится въ состояніи аморфномъ, то нельзя указать такого направленія, которому предпочтительно слѣдовали бы орбиты при своей оріентировкѣ въ пространствѣ или же совершающіяся по нимъ движенія. Въ кристаллахъ плоскости орбитъ оріентируются по извѣстнымъ направленіямъ, которыми опредѣляются какъ характеръ самого кристалла, такъ и распредѣленіе въ немъ всѣхъ прочихъ физическихъ свойствъ. Однако направленіе такого рода можно усмотрѣть впервые лишь въ оптически дѣятельныхъ кристаллахъ. Мы уже видѣли, что при раствореніи электролита въ водѣ получаются молекулы особаго характера: электролитъ расщепляется, и части его молекулъ присоединяются къ молекуламъ воды. Эти двѣ неодинаковыя молекулы должны обладать различными свойствами вслѣдствіе неодинаковости положенія ихъ центровъ тяжести, отъ котораго зависитъ направленіе ихъ вращенія. Достаточно указать въ этомъ направленіи на асимметрическій углеродный атомъ.

Далѣе, мы нашли, что строеніе металловъ отличается совершенно особыми свойствами и что въ металлахъ, во всякомъ случаѣ, нельзя видѣть тѣ аморфныя тѣла, въ которыхъ молекулы нагромождены другъ на друга безъ всякаго порядка. Скорѣе можно думать, что въ металлическихъ тѣлахъ мы имѣемъ дѣло съ весьма сложной тканью, состоящей изъ кристалловъ и жидкостей, съ такимъ состояніемъ матеріи, которое представляетъ собой по строенію нѣчто промежуточное между тѣлами чисто кристаллическими и чисто коллоидальными. Въ клѣткахъ этой ткани при проникновеніи въ нее раствореннаго электролита устанавливается направленіе, по которому будутъ совершаться движенія, — процессъ отъ просѣиванія сквозь сито принципіально ничѣмъ не отличающійся. Движенія перемѣщающихся въ жидкихъ электролитахъ молекулярныхъ системъ по ихъ орби-

тамъ въ неподвижныхъ системахъ металловъ (въ матеріалѣ, изъ котораго сдѣлана электроды) пріобрѣтаютъ нѣкоторыя определенныя направленія, отвѣчающія структурѣ этихъ металловъ; сообщивъ затѣмъ эти уже извѣстнымъ образомъ направленныя движенія пронизывающему ихъ эѳиру они при его посредствѣ передаютъ его дальше вдоль по проводящему металлу, какъ это уже было подробно описано у насъ въ главѣ объ электричествѣ. Что такіе эѳирные вихри распространяются по проводящей металлической цѣпи, не подлежитъ никакому сомнѣнію: это показываютъ отталкиванія и притяженія тѣлъ, наэлектризованныхъ такимъ путемъ. Возбужденіе этихъ невидимыхъ вихрей при помощи динамомашинъ обусловливается видимымъ вращеніемъ довольно крупной матеріальной системы; въ гальваническихъ же батареяхъ ихъ возбуждаютъ движенія молекулярныхъ системъ, располагающихъ, по сравненію съ самыми мощными нашими машинами, гораздо большимъ (относительно, конечно) запасомъ энергіи. При этого рода объясненіи намъ не приходится прибѣгать къ какимъ нибудь новымъ силамъ или веществамъ, не имѣющимъ массы, въ родѣ фарадеевыхъ электроновъ, а тѣ взаимодѣйствія частей матеріи, которыя являются результатомъ предполагаемаго упорядоченія движеній по орбитамъ, ничѣмъ не отличаются отъ взаимодѣйствій, постоянно усматриваемыхъ нами при научномъ объясненіи другихъ химическихъ и физическихъ процессовъ.

Тѣмъ не менѣе многое остается еще необъяснимымъ. Всѣ химическіе процессы, въ частности тѣ, которые должны предшествовать появленію гальваническаго тока, основываются именно на такого рода группировкѣ молекулярныхъ движеній, хотя, впрочемъ, при процессахъ чисто химическихъ дѣло ограничивается группировками въ предѣлахъ однихъ молекулъ, не распространяясь на всю массу матеріи, какъ это бываетъ при явленіяхъ физическихъ. При точномъ изслѣдованіи этихъ вопросовъ мы наталкиваемся на механическія задачи, по трудности значительно превышающія неразрѣшенную задачу о трехъ тѣлахъ, представившуюся при изученіи движеній небесныхъ свѣтилъ. Дѣйствительно, въ данномъ случаѣ при изученіи взаимодѣйствій намъ приходится имѣть дѣло не только съ бо́льшимъ числомъ тѣлъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга весьма незначительными разстояніями, но и съ тѣлами, весьма другъ отъ друга отличными, за каковыя мы принимаемъ химическіе атомы. Наконецъ, при взаимодѣйствіяхъ, совершающихся въ предѣлахъ молекулъ, законъ Ньютона, управляющій притяженіями, навѣрное требуетъ поправокъ, характеръ которыхъ, какъ слѣдуетъ думать, принципіально не отличается отъ поправокъ, вводимыхъ нами въ уравненіе состоянія Бойля-Маріотта, потому что и здѣсь приходится принять въ разсчетъ отношеніе объемовъ, занимаемыхъ ударяющими и ударяемыми частицами. До тѣхъ поръ, пока математическій анализъ не въ состояніи будетъ справиться съ этого рода задачами, а этого времени придется ждать еще долго, мы должны будемъ довольствоваться гипотезами, изложенными нами въ этомъ сочиненіи, причемъ наиболѣе вѣроятной изъ нихъ будетъ та, которая потребуетъ для объясненія всѣхъ извѣстныхъ фактовъ наименьшаго числа новыхъ предположеній.

Третья часть.

Послѣдовательность явленій природы.

---

1. Міръ атомовъ.

Въ соображеніяхъ, высказанныхъ нами до сихъ поръ, мы стремились свести всѣ процессы, совершающіеся въ природѣ, къ нѣкоторымъ простымъ движеніямъ. Для ознакомленія съ отдѣльными группами явленій, намъ приходилось вводить много разныхъ подробностей, причемъ часто случалось, что связь частей съ цѣлымъ утрачивалась или исчезала изъ глазъ. Теперь въ концѣ этого сочиненія мы намѣрены дать общую картину всѣхъ процессовъ природы въ ихъ внутренней послѣдовательности и возсоздать въ умѣ при помощи простѣйшихъ допущеній весь видимый нами міръ, начиная съ атомовъ и кончая величественнѣйшими небесными свѣтилами.

Однимъ изъ такихъ простѣйшихъ допущеній является предположеніе о прямолинейности и равномѣрности тѣхъ неограниченно малыхъ по размѣрамъ тѣлецъ, которымъ, кромѣ способности вполнѣ заполнять занимаемое ими пространство (то есть кромѣ абсолютной твердости), мы не приписываемъ никакихъ другихъ свойствъ, потому что для этого необходимо прежде объяснить самыя свойства матеріи. Эти мельчайшія части матеріи, которыя въ отличіе отъ несомнѣнно сложныхъ химическихъ атомовъ мы назвали первичными атомами, заполняютъ пространство, а потому необходимо высказать еще одно предположеніе: рѣшить, какова ихъ форма. Чтобы возможно упростить это предположеніе, мы допустили, что первичные атомы могутъ быть какой угодно формы. По нашимъ представленіямъ, даже въ самомъ маломъ, но все же измѣримомъ, объемѣ находится безконечно большое количество этихъ первичныхъ атомовъ; общее дѣйствіе ихъ эквивалентно (равнозначуще) дѣйствію шаровыхъ тѣлецъ, что можно доказать при помощи положеній механики. Въ силу этого мы допускаемъ, что первичные атомы имѣютъ (въ среднемъ) форму шара, простѣйшаго изъ геометрическихъ тѣлъ.

Могло бы показаться, что эти первоположенія, служащія намъ исходной точкой, выбраны нами произвольно. Но теперь, послѣ того, какъ мы ознакомились со всѣми видами силъ природы, внимательное разсмотрѣніе любого отдѣльнаго явленія неминуемо приведетъ насъ къ этимъ основоположеніямъ. Въ самомъ дѣлѣ, если бы силы природы перестали дѣйствовать, то чѣмъ бы мы ихъ дѣйствіе ни объясняли, мы должны принять, что всѣ тѣла стали бы двигаться равномѣрно и прямолинейно по тѣмъ направленіямъ, по какимъ они двигались въ послѣдній моментъ. Для этихъ движеній никакихъ особыхъ силъ не надо. Еслибъ мы могли устранить всѣ силы природы, то мы увидѣли бы, что мы можемъ обойтись и безъ нихъ: остающихся движеній было бы достаточно для того, чтобы дать намъ всѣ явленія, производимыя силами природы.

Законъ инерціи, который требуетъ, чтобы движущееся тѣло сохраняло свою скорость и первоначальное направленіе, является необходимымъ слѣдствіемъ

общаго закона всего творенія, — закона, гласящаго, что нѣтъ дѣйствія безъ причины. Разъ имѣется какое нибудь движеніе, его направленіе и скорость могутъ измѣниться лишь въ томъ случаѣ, когда явится обусловливающая такое измѣненіе причина, то есть какое-либо воздѣйствіе извнѣ; безъ такого воздѣйствія оно должно оставаться такимъ, какимъ оно есть. Если на землѣ нельзя указать случая неизмѣнной равномѣрности и прямолинейности движеній, то это объясняется только дѣйствіемъ внѣшнихъ причинъ, въ особенности же дѣйствіемъ силы тяжести, которая подчиняетъ себѣ всѣ движенія. Вообще говоря, во всей природѣ нельзя указать такого мѣста, гдѣ тѣло могло бы двигаться, не подчиняясь воздѣйствію внѣшнихъ вліяній: вполнѣ пустого пространства во вселенной нѣтъ. Всюду мчатся тѣ частицы матеріи, при помощи которыхъ, какъ мы допускаемъ, совершается передача свѣта и дѣйствій тяготѣнія.

Такимъ образомъ предположеніе о существованіи равномѣрно-прямолинейныхъ движеній является чистой абстракціей, продуктомъ нашего мышленія: оно постольку коренится въ дѣйствительности, поскольку представляетъ то предѣльное состояніе, къ которому можно на самомъ дѣлѣ приблизиться весьма значительно и которое можно считать въ природѣ (разумѣется за предѣлами земли) почти осуществленнымъ. Рѣже всего распредѣлена матерія въ міровомъ пространствѣ. Мы видимъ въ немъ милліоны свѣтилъ, движущихся, насколько мы можемъ судить, равномѣрно и прямолинейно: уклоненія отъ этого рода движенія наблюдаются лишь тамъ, гдѣ одно тѣло приближается къ другому, которое оказываетъ на него особое вліяніе. Такимъ образомъ тутъ наше предположеніе осуществляется наилучшимъ образомъ.

Можетъ случиться, что для полноты описанія процессовъ природы мы сочли бы необходимымъ высказать также предположеніе о происхожденіи движеній первичныхъ атомовъ. Но этотъ вопросъ намъ пришлось бы оставить безъ отвѣта: онъ выходитъ за предѣлы нашихъ знаній. Нашъ опытъ позволяетъ намъ получить представленія о тѣхъ предѣльныхъ состояніяхъ, по которымъ уже можно судить о выраженіяхъ законовъ природы, носящихъ характеръ чистыхъ абстракцій. Поэтому мы не будемъ представлять себѣ, что начальное состояніе міра, начало міра во всемъ его безконечномъ объемѣ, сводилось къ существованію однихъ только первичныхъ атомовъ съ ихъ равномѣрными прямолинейными движеніями. Мы скорѣе готовы предположить, что эти первичные атомы во всѣ времена существовали наряду съ другими большими, иначе движущимися массами. Но если мы пожелаемъ свести объясненіе свойствъ этихъ бо̀льшихъ массъ и ихъ болѣе или менѣе сложныхъ движеній къ возможно болѣе простымъ причинамъ, то мы должны будемъ выключить всѣ постороннія вліянія и возсоздать міръ изъ нашего предполагаемаго первобытнаго состоянія. Равнымъ образомъ нигдѣ въ дѣйствительности не осуществляющейся абстракціей является и наше предположеніе о способности первичныхъ атомовъ заполнять занимаемое ими пространство вполнѣ. Мы видимъ въ разныхъ мѣстахъ вселенной скопленія матеріи, сгущенной въ большей или меньшей мѣрѣ. Наши изслѣдованія физическихъ явленій привели насъ къ несомнѣнному убѣжденію въ томъ, что даже самое твердое вещество состоитъ изъ безконечно-малыхъ отдѣльныхъ частей, изъ химическихъ атомовъ или молекулъ, которые не приведены въ соприкосновеніе вплотную; благодаря этому, въ промежуткахъ между ними могутъ болѣе или менѣе безпрепятственно проходить первичные атомы, которые по размѣрамъ много меньше химическихъ. Всюду, гдѣ наши грубыя чувства, даже вооруженныя искусственными приспособленіями, видятъ взаимное прикосновеніе частицъ матеріи, на самомъ дѣлѣ такого прикосновенія не существуетъ. Абсолютно плотныхъ скопленій матеріи мы не знаемъ. Зато намъ легко указать примѣры накопленія матеріи во всякихъ количествахъ и во всѣхъ степеняхъ плотности, кромѣ абсолютной. Начиная съ первичныхъ атомовъ, о которыхъ мы можемъ сказать только то, что они значительно меньше химическихъ (пользуясь извѣстными гипотезами, величину этихъ химическихъ атомовъ теоретически вычислить мы въ состояніи, вплоть до огромныхъ роевъ солнцъ, входящихъ въ со-

ставъ млечнаго пути и образующихъ такое же механическое цѣлое, какъ пригоршня песчинокъ), мы встрѣчаемъ безконечно большое число ступеней, на которыя распадается міръ матеріи. Но что заставляетъ насъ думать, что тѣ частицы матеріи, которыя мы называемъ первичными атомами, представляютъ дѣйствительно низшій предѣлъ дробленія матеріи? Мы вынуждены остановиться именно на этомъ предположеніи въ виду того, что наши изслѣдованія далѣе первичныхъ атомовъ не идутъ. Но и они, быть можетъ, дѣлимы, быть можетъ, и они играютъ роль солнечныхъ роевъ на той ступени поступательнаго хода вселенной, которая имъ соотвѣтствуетъ, вселенной, которая, какъ приходится признать, простирается вверхъ и внизъ безпредѣльно. Но мы должны остановиться на абстракціи, на допущеніи недѣлимости и абсолютной твердости этихъ первичныхъ атомовъ; это допущеніе даетъ нашему уму нѣкоторыя предѣльныя условія состоянія матеріи, отъ которыхъ онъ уже можетъ отправиться далѣе.

Точно также абстракціей является и наше предположеніе о формѣ атомовъ. Если бы эти атомы были дѣйствительно скопленіями еще меньшихъ частицъ матеріи, какъ то было говорено выше, то ихъ шарообразность была бы вызвана тѣми самыми причинами, которыя обусловливаютъ шаровую форму водяныхъ капель или небесныхъ свѣтилъ. Такимъ образомъ, если мы станемъ отправляться отъ наблюдаемыхъ фактовъ, то мы должны будемъ признать, что наше предположеніе о шарообразности атомовъ есть ничто иное, какъ абстрактное представленіе о нѣкоторой предѣльной формѣ.

Итакъ, для того, чтобы построить, исходя изъ этихъ абстрактныхъ представленій, міръ, какимъ мы его знаемъ, вообразимъ себѣ совершенно пустое пространство, достаточно большое, чтобы вмѣстить въ себѣ весь этотъ міръ въ предѣлахъ намъ извѣстныхъ, и наполнимъ его достаточнымъ количествомъ шарообразныхъ, непроницаемыхъ, движущихся равномѣрно и прямолинейно по всѣмъ направленіямъ и со всѣми возможными скоростями первичныхъ атомовъ, не обладающихъ никакими другими свойствами, кромѣ выше перечисленныхъ. Извнѣ пространство это должно быть свободно отъ какихъ бы то ни было воздѣйствій.

Спустя самый ничтожный промежутокъ времени въ предполагаемомъ нами (и только предполагаемомъ), но никогда не существовавшемъ состояніи пространства наступитъ перемѣна: нѣкоторые первичные атомы, изъ которыхъ до того ни одинъ не отличался отъ другого, пріобрѣтутъ особыя свойства, по сравненію съ остальными. Наши атомы непроницаемы, а потому при встрѣчѣ ихъ другъ съ другомъ должны происходить столкновенія. Эти толчки, въ зависимости отъ направленій, по которымъ они сообщаются, имѣютъ результатомъ различныя дѣйствія. По большей части, происходятъ удары не центральные, а подъ косыми углами. Вслѣдствіе того, что шарообразные первичные атомы абсолютно тверды, столкновеніе ихъ, какъ показываютъ опыты съ тѣлами, приблизительно отвѣчающими этимъ требованіямъ твердости и шарообразности, имѣетъ результатомъ равномѣрное и прямолинейное движеніе обоихъ шаровъ, перемѣщающихся теперь подъ нѣсколько измѣненнымъ, но опредѣленнымъ угломъ; шары въ то же время вращаются вокругъ нѣкоторой оси, причемъ одинъ шаръ вращается въ одну сторону, другой—въ другую. И это вращательное движеніе не претерпѣваетъ вплоть до новаго столкновенія никакихъ измѣненій.

Теперь мы видимъ, что первичные атомы этого рода сильно отличаются отъ тѣхъ, какіе у насъ имѣлись сначала. Они отличаются отъ тѣхъ своей скоростью и вращеніемъ. Мы уже знаемъ, что всѣ электрическія и магнитныя явленія могутъ быть сведены на такого рода вращательныя движенія мельчайшихъ частицъ матеріи, носящія въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ свой особый характеръ. Обѣ электрическія жидкости, согласно представленіямъ Фарадея, должны имѣться тутъ въ любомъ мѣстѣ матеріи, но всюду количество той и другой одинаково; онѣ не производятъ болѣе никакихъ дѣйствій, и потому ихъ проявленія взаимно уничтожаются. Этому условію отвѣчаютъ

вращенiя первичныхъ атомовъ, пришедшихъ въ столкновенiе; попарно они всѣ будутъ вращаться по взаимнопротивоположнымъ направленiямъ. Такимъ образомъ, если принимать дѣйствiе, производимое этими атомами при вращенiи въ одну сторону, за положительное электричество, а дѣйствiе, производимое ими при вращенiи въ сторону противоположную, за отрицательное, то вся совокупность этихъ матерiальныхъ тѣлецъ будетъ электро-нейтральной; но путемъ столкновенiй они прiобрѣтаютъ способность расщеплять электричества, при томъ тѣмъ болѣе значительную, чѣмъ больше такихъ столкновенiй произойдетъ.

Вся матерiя, какую только мы въ состоянiи подвергнуть своему изслѣдованiю, принимаетъ участiе въ нѣкоторомъ вращательномъ движенiи; различныя влiянiя могутъ заставить матерiю двигаться по тѣмъ или инымъ траекторiямъ, что, въ концѣ концевъ, даетъ колебательное движенiе по весьма продолговатымъ эллиптическимъ орбитамъ или даже по орбитамъ почти прямолинейнымъ. Наше изслѣдованiе причинъ теплоты привело насъ къ убѣжденiю, что обращенiя по орбитамъ должны совершаться и въ мiрѣ молекулъ, и что эти обращенiя соотвѣтствуютъ тѣмъ вращенiямъ небесныхъ свѣтилъ вокругъ оси, которыя мы можемъ наблюдать на каждомъ свѣтилѣ, доступномъ для изслѣдованiя въ этомъ направленiи. Вращенiе, послѣ поступательнаго прямолинейнаго движенiя, является наиболѣе распространенной формой движенiя; къ этому выводу приводятъ насъ наши допущенiя. Сверхъ того, какъ первичные атомы, прямолинейно движутся сначала въ пространствѣ и небесныя свѣтила; подобно этимъ атомамъ, они также должны время отъ времени сталкиваться. Впрочемъ, мы знаемъ, что во многихъ случаяхъ небесныя свѣтила были обязаны своимъ вращательнымъ движенiемъ еще и другимъ причинамъ.

Бываетъ такъ, что при столкновенiи первичныхъ атомовъ имѣетъ мѣсто ударъ почти вполнѣ центральный, или же ударъ такого рода, что оба пришедшихъ въ столкновенiе тѣла уже не могутъ разойтись, а должны продолжать свой путь вмѣстѣ. Пользуясь правиломъ параллелограма силъ, можно вычислить всѣ случаи, въ которыхъ оба такихъ атома останутся вмѣстѣ. При этомъ каждыхъ два столкнувшихся атома дадутъ молекулу о двухъ атомахъ, разумѣется, только не въ томъ смыслѣ, въ какомъ мы примѣняли это выраженiе при разсмотрѣнiи явленiй физическихъ и химическихъ. Молекулы эти относятся къ самымъ первымъ ступенямъ мiрозданiя, такъ что даже для образованiя легчайшаго изъ химическихъ атомовъ, атома водорода, требуется значительное число такихъ молекулъ. Но тѣмъ не менѣе въ нихъ мы имѣемъ первое матерiальное тѣло, отличающееся по формѣ отъ начальныхъ шаровыхъ. Процессъ образованiя такихъ молекулъ имѣетъ особо важное значенiе: кристаллическое строенiе веществъ, съ которымъ связано распредѣленiе въ тѣлѣ цѣлаго ряда физическихъ свойствъ, обусловлено характеромъ спайности матерiи и, въ концѣ концовъ, стало быть, зависитъ отъ характера укладки мельчайшихъ ея частей.

Эти соображенiя позволяютъ намъ уяснить себѣ особенности кристаллическаго строенiя матерiи. Если извѣстный объемъ долженъ быть заполненъ соприкасающимися между собой шарами, то между ними должны быть и просвѣты. Каждый шаръ вмѣстѣ съ такимъ просвѣтомъ можетъ быть замѣненъ нѣкоторымъ кубомъ; для этого надо, чтобы прямыя, соединяющiя центры лежащихъ другъ на другѣ шаровъ, встрѣчались всѣ подъ прямыми углами. Въ этомъ случаѣ у насъ получится одинъ изъ кристалловъ правильной системы. Но возможны и другiя группировки шаровъ. Такъ, можно приложить къ двумъ шарамъ третiй такимъ образомъ, чтобы прямыя, соединяющiя ихъ центры, образовывали бы треугольникъ; затѣмъ кладемъ на этотъ тѣлесный треугольникъ еще четвертый шаръ и получаемъ тѣло съ поверхностью, соотвѣтствующей тетраедру; при другомъ положенiи четвертаго шара у насъ получится ромбоедръ.

Такимъ путемъ изъ шаровъ можно сложить любой кристаллъ (по формѣ) правильной системы, но только правильной. Кристаллы съ неровными осями или съ отличнымъ отъ прямого угла наклономъ осей изъ шаровъ построены быть не могутъ. При разсмотрѣнiи химическихъ веществъ (стр. 534), мы уже отмѣ-

тили, что чѣмъ вещества проще, тѣмъ чаще они выкристаллизовываются въ кристаллахъ правильной системы. Всѣ такъ называемые химическіе элементы, за исключеніемъ двухъ, кристаллизуются въ видѣ кристалловъ правильной и гексагональной системы, которую въ нашемъ смыслѣ можно считать также правильной: характерныя для нея кристаллическія тѣла могутъ быть также построены изъ шаровъ. Мы видимъ, что наши аксіомы позволяютъ построить намъ всѣ основныя кристаллическія формы.

Чѣмъ больше первичныхъ атомовъ входитъ въ составъ какого-нибудь тѣла, тѣмъ легче могутъ попадать въ него другіе атомы или скопленія ихъ, тѣмъ скорѣе можетъ это тѣло увеличиваться дальше. Но тѣло должно расти во всѣ стороны равномѣрно: въ началѣ, по отношенію къ движеніямъ первичныхъ атомовъ, никакихъ предпочтительныхъ направленій указать нельзя, а потому такія бо̀льшія скопленія атомовъ должны снова имѣть форму шаровую. У насъ получаются такимъ образомъ атомы более высокаго порядка; къ нимъ мы можемъ причислить такіе атомы, какъ извѣстные намъ по своимъ дѣйствіямъ атомы физическіе или химическіе. Въ нихъ первичные атомы соприкасаются непосредственно, поскольку только это позволяетъ ихъ шаровая форма. Эти физическіе атомы также являются почти абсолютно твердыми; при тѣхъ средствахъ, какими мы располагаемъ, мы не въ состояніи ни раздѣлять ихъ на части, ни сжимать.

Эти атомы въ той области, гдѣ они подвергаются дѣйствію града сыплющихся на нихъ со всѣхъ сторонъ значительно меньшихъ по размѣрамъ первичныхъ атомовъ, проявляютъ весьма интересныя свойства. Въ силу того ли, что они удерживаютъ возлѣ себя падающіе на нихъ со всѣхъ сторонъ первичные атомы или потому, что атомы эти подъ вліяніемъ боковыхъ ударовъ сами отражаются, вокругъ первыхъ создается нѣкоторая сфера дѣйствія, въ предѣлахъ которой содержится нѣсколько меньшее, чѣмъ прежде, число первичныхъ атомовъ въ перемежку съ атомами, уже отразившимися, имѣющими, вслѣдствіе происшедшаго столкновенія, нѣсколько меньшую скорость, чѣмъ средняя. Это вытекаетъ изъ чисто механическихъ принциповъ (см. стр. 97 и далѣе). Всѣ эти движенія управляются нѣкоторой закономѣрностью, въ точности согласующейся съ закономъ тяготѣнія. Такимъ образомъ эти болѣе или менѣе крупныя тѣла однимъ фактомъ наполненія собой нѣкотораго объема пространства дѣлаютъ то, что въ предѣлахъ, занимаемыхъ носящимися вокругъ нихъ первичными атомами, создаются сферы притяженія, заставляющія всякое другое тѣло, попадающее въ такую сферу, приближаться къ первому тѣлу съ все возрастающей скоростью. Но законъ тяготѣнія въ томъ видѣ, въ какомъ мы его выводимъ изъ наблюденія надъ движеніями небесныхъ свѣтилъ, въ предѣлахъ атомистическихъ ступеней роста мірозданія непримѣнимъ; въ него необходимо внести поправки, значительность которыхъ обусловливается той или другой степенью возможности пренебрегать величиной первичныхъ атомовъ по сравненію съ величинами тѣлъ притягивающихъ и притягиваемыхъ. Въ силу этого вполнѣ согласовать движенія молекулярныя и движенія, совершающіяся на небѣ, до сихъ поръ не удалось. Но все говоритъ въ пользу того, что на этой низшей еще доступной для нашего изслѣдованія ступени дѣйствуютъ тѣ же законы, что и на верхней, гдѣ мы имѣемъ дѣло съ небесными свѣтилами.

Какъ только вступаетъ въ свои права сила тяжести, тотчасъ же возникаютъ системы свѣтилъ-молекулъ, въ которыхъ скопленія матеріи совершаютъ другъ около друга кругообразныя движенія по эллиптическимъ орбитамъ. При этомъ двѣ (или нѣсколько) во всѣхъ отношеніяхъ самостоятельныхъ массы соединяются въ одно цѣлое, перемѣщающееся въ пространствѣ по прямой линіи; эти массы, удерживающіяся взаимно только при помощи притяженія, другъ съ другомъ не соприкасаются. Предъ нами настоящая физическая молекула; ея поступательное движеніе мы называли то кинетической энергіей, то температурой, движеніямъ же по орбитамъ мы давали названія потенціальной энергіи, скрытой работы или скрытой теплоты.

Изъ изслѣдованій явленій свѣтовыхъ, электрическихъ и т. п. мы знаемъ, что первоначальныя скорости первичныхъ атомовъ, иногда называемыхъ нами также атомами эѳира, измѣряются нѣсколькими стами тысячъ километровъ въ секунду. Чѣмъ больше такихъ первичныхъ атомовъ соединится въ бо̀льшія массы, тѣмъ больше уменьшится въ силу ряда столкновеній ихъ начальная скорость. Это соображеніе приводитъ насъ къ выводу, подтверждаемому всѣми наблюденіями: мы знаемъ, что быстрота поступательнаго движенія тѣла обратно пропорціональна величинѣ этого тѣла. Изъ кинетической теоріи газовъ (стр. 108) извѣстно, что скорости частицъ различныхъ газовъ обратно пропорціональны величинамъ атомныхъ вѣсовъ этихъ газовъ; но скорости эти все же равны нѣсколькимъ километрамъ въ секунду.

Вращательныя движенія атомовъ, совершающіяся внутри молекулъ, получались изъ движеній поступательныхъ, которыя претерпѣли извѣстныя измѣненія только подъ вліяніемъ притягательной силы, измѣняющей траекторіи; поэтому скорость ихъ движенія по орбитамъ должна быть очень велика, и мы можемъ думать, что они совершаютъ въ секунду много милліоновъ обращеній. Въ виду наличности такой силы, мы почти совершенно не въ состояніи проникнуть въ предѣлы этихъ орбитъ при помощи однихъ механическихъ средствъ. Поэтому молекулу, подобно атому, можно разсматривать, какъ нѣчто цѣлое, занимающее пространство, опредѣляемое орбитами ея атомовъ. Если въ какомъ-нибудь мѣстѣ имѣется значительное число такихъ молекулъ, отдѣленныхъ однако настолько значительными промежутками, что все это скопленіе можно было бы сравнить съ облакомъ, то большинство первичныхъ атомовъ могло бы пройти сквозь такое облако, не задѣвая самихъ молекулъ. Въ случаяхъ дѣйствительныхъ столкновеній атомовъ съ молекулами болѣе сильное дѣйствіе должны производить тѣ удары, которые направлены внутрь, а не наружу; въ самомъ дѣлѣ тѣ первичные атомы, удары которыхъ направлены изнутри наружу, по большей части, раньше уже проходили сквозь облако, но они уже раньше претерпѣли на своемъ пути рядъ столкновеній, и потому такихъ частицъ будетъ меньше, нежели тѣхъ, которые ударяютъ снаружи; облако защищаетъ входящія въ его составъ матеріальныя частицы отъ ударовъ, направленныхъ изнутри; другими словами, частицы эти будутъ вовлекаться внутрь облака, въ его середину, что обусловитъ тутъ постепенное сгущеніе матеріи. Тутъ начинается та работа сгущенія, наблюдаемая во всѣхъ предоставленныхъ самимъ себѣ скопленіяхъ матеріи, которой обязаны своимъ возникновеніемъ небесныя свѣтила. Отсюда мы видимъ, что изъ молекулъ, между которыми можетъ сохраниться нѣкоторое произвольное среднее разстояніе, должны образоваться опять таки шары. Въ самомъ дѣлѣ, допустимъ, что такое облако будетъ имѣть въ началѣ нѣсколько продолговатую форму; тогда на долю направленія, указываемаго болѣе длиннымъ діаметромъ, придется большее число ударовъ, чѣмъ на долю другихъ. Такимъ образомъ избытокъ ударовъ, идущихъ извнѣ, надъ ударами, идущими изнутри, на той части поверхности облака, которая соотвѣтствуетъ направленію ея длиннаго діаметра, будетъ больше, нежели на другихъ частяхъ поверхности, отвѣчающихъ короткому діаметру; вслѣдствіе этого, по первому направленію будетъ произведено внутрь и бо̀льшее давленіе. Такимъ путемъ создается „поверхность" тѣла, которое тѣмъ не менѣе состоитъ изъ ряда совершенно отдѣленныхъ другъ отъ друга системъ молекулъ. Тѣ молекулы, которыя въ своемъ поступательномъ движеніи стремятся выйти наружу, отчасти отбрасываются назадъ первичными атомами, отчасти же свободно уносятся въ окружающее такую систему пространство. Каждое тѣло, даже самое твердое, на поверхности, отчасти превращается въ жидкость. При движеніи внутрь, молекулы встрѣчаютъ сопротивленіе со стороны смежныхъ молекулъ, о которыя онѣ ударяются; благодаря этому, внутри облака онѣ движутся зигзагообразно. Таково движеніе газовъ въ замкнутыхъ со всѣхъ сторонъ сосудахъ, движеніе вполнѣ согласующееся съ законами газообразнаго состоянія. Мы уже видѣли, что всѣ явленія температурныхъ измѣненій въ тѣлахъ, имѣющихъ возможность свободно расширяться,

то есть въ такихъ тѣлахъ, въ которыхъ внутримолекулярныя движенія не подвержены никакимъ вліяніямъ извнѣ, могутъ быть вполнѣ объяснены дѣйствіемъ извѣстнаго количества подобныхъ ударовъ и той или иной скоростью ихъ. Поступательнымъ движеніемъ молекулъ обусловливается абсолютная температура; при измѣненіи числа молекулъ, ударяющихся другъ о друга или объ окружающія тѣла, то есть при измѣненіи плотности, мѣняется и абсолютная температура. Если извѣстное число молекулъ помѣстить въ объемѣ нѣсколько меньшемъ, чѣмъ прежде, то число ударовъ ихъ во столько же разъ увеличится, и температура соотвѣтственнымъ образомъ возрастетъ. То же самое произойдетъ и въ томъ случаѣ, если мы сообщимъ молекуламъ, заключавшимся въ первомъ объемѣ, бо̀льшую скорость: число ударовъ въ этомъ объемѣ, благодаря этому, также увеличится. То, что мы сейчасъ сказали, есть не что иное, какъ законъ Маріотта. Какимъ путемъ изъ нашихъ допущеній неизбѣжно вытекаетъ другая форма этого закона, уравненіе Ванъ-деръ-Ваальса, подробно показано нами на стр. 515.

Всѣ дѣйствія температурныхъ измѣненій, а равно и переходы тѣлъ изъ одного аггрегатнаго состоянія въ другое, а также химическія превращенія, совершающіяся подъ вліяніемъ теплоты, могутъ быть сведены на извѣстныя расширенія и сжатія вещества. Но, допустивъ существованіе этихъ ударовъ, мы въ то же время можемъ понять и дѣйствіе силы расширенія: удары эти стремятся раздвинуть окружающія ихъ стѣнки, при томъ тѣмъ больше, чѣмъ они сильнѣе и чаще.

Намъ остается еще объяснить переносъ тепла отъ тѣлъ болѣе теплыхъ къ тѣламъ болѣе холоднымъ. Если оба неодинаково нагрѣтыхъ тѣла смѣшать, то понять уравненіе ихъ температуръ нетрудно. Столкновенія молекулъ, движущихся съ неодинаковой быстротой, другъ съ другомъ должны привести къ тому, что, въ концѣ концовъ, скорости ихъ неминуемо уравняются; тѣ изъ нихъ, которыя движутся болѣе быстро, увеличиваютъ при столкновеніи скорость движущихся болѣе медленно, и тѣмъ самымъ утрачиваютъ часть своей собственной скорости. Точно такое же уравниваніе скоростей, только нѣсколько замедленное, должно происходить и въ томъ случаѣ, когда два неодинаково нагрѣтыя тѣла просто соприкасаются своими поверхностями. Это становится возможнымъ только благодаря теплопроводности тѣлъ. Въ самомъ дѣлѣ, мы знаемъ, что даже въ твердыхъ тѣлахъ между молекулами остаются пустые промежутки, позволяющіе имъ производить хотя бы тѣ же температурныя колебанія. Правда, въ этомъ случаѣ болѣе теплыя и менѣе теплыя молекулы, то есть молекулы, движущіяся съ большей и меньшей скоростью, сталкиваются только на поверхности соприкосновенія обоихъ тѣлъ, но вслѣдъ за этимъ молекулы, находящіяся снаружи, сообщаютъ свою измѣненную скорость ближайшему внутреннему слою; такимъ образомъ уравненіе скоростей идетъ далѣе отъ слоя къ слою, распространяясь со скоростью, которая зависитъ отъ особенностей данныхъ веществъ, а именно отъ формы ихъ мельчайшихъ частей, отъ ихъ плотностей; скорость распространенія теплоты путемъ теплопроводности въ различныхъ веществахъ неодинакова.

Но, сверхъ того, болѣе теплыя тѣла передаютъ избытокъ тепла болѣе холоднымъ черезъ посредство такъ называемой пустоты, въ которой движутся только наши первичные атомы. Передачу эту могутъ осуществить только первичные атомы, только такъ называемый эѳиръ. Вспомнимъ, что во всякомъ опредѣленномъ скопленіи матеріи какого-либо рода въ предѣлахъ, указываемыхъ ея температурой, молекулы колеблются взадъ и впередъ. Въ газахъ молекулы движутся зигзагообразно; въ газахъ молекулы также должны возвращаться назадъ по истеченіи извѣстнаго промежутка времени, потому что молекулы должны все время оставаться въ предѣлахъ „облака“, а потому тутъ, какъ въ твердыхъ тѣлахъ, молекулы должны совершать извѣстныя движенія по орбитамъ, зависящія отъ температуры того или другого вещества. Въ эти молекулы попадаютъ нѣкоторые изъ первичныхъ атомовъ, приходящихъ изъ заміровoго пространства, претерпѣвая при этомъ отраженіе; въ то же время движенія ихъ подъ вліяніемъ движенія

молекулъ, о которыя они ударяются, должны нѣсколько измѣниться и пріобрѣсти свойства, соотвѣтствующія ихъ температурѣ; этотъ процессъ мы можемъ представить себѣ слѣдующимъ образомъ.

Температурныя движенія матеріи можно считать колебательными. Если первичный атомъ встрѣчаетъ молекулу, которая въ своемъ движеніи направляется наружу, то онъ получаетъ отъ нея нѣкоторую прибавку силы и, по отраженіи отъ молекулы, движется съ быстротой, большей, нежели средняя. Но если слѣдующій за этимъ первичный атомъ попадетъ въ молекулу уже тогда, когда она будетъ по ходу своихъ колебаній возвращаться назадъ, внутрь, то онъ отразится со скоростью меньшей, нежели средняя. Отраженные первичные атомы, которые, какъ мы видѣли, образуютъ вокругъ каждаго скопленія матеріи сферу особенныхъ дѣйствій (тяготѣніе), будутъ періодически проходить сквозь эту сферу съ уменьшенными и увеличенными скоростями; періодъ этихъ колебаній зависитъ отъ температуры отражающаго ихъ тѣла. Если откинуть среднее поступательное движеніе этихъ первичныхъ атомовъ, которымъ обусловливается тяготѣніе, то останется только колебательное движеніе первичныхъ атомовъ, то волнообразное движеніе, которое совершаетъ такъ называемый свѣтовой эѳиръ при распространеніи свѣтовыхъ колебаній, которое отличается отъ передачи лучистой теплоты только количественно. Если первичные атомы, совершающіе свои колебанія въ теченіе опредѣленнаго періода времени, встрѣчаются съ другимъ тѣломъ, молекулы котораго имѣютъ другой періодъ колебаній, съ тѣломъ, которое, стало быть, имѣетъ температуру, отличную отъ температуры тѣла, оттолкнувшаго первичные атомы, и если они обладаютъ сравнительно бо́льшимъ запасомъ энергіи, то они стремятся сообщить ему свою температуру; во всякомъ случаѣ процессъ уравниванія температуръ путемъ такого лучеиспусканія будетъ совершаться въ полномъ соотвѣтствіи съ тѣми законами, которые могутъ быть выведены путемъ теоретическихъ выкладокъ изъ нашихъ предположеній и согласуются съ данными наблюденія.

Можно сказать напередъ, что измѣненія скоростей молекулъ, какъ самостоятельныхъ системъ, равнозначущія съ соотвѣтственными температурными измѣненіями, не останутся безъ вліянія на состояніе такихъ молекулярныхъ системъ. Они проявляются тѣмъ отчетливѣе, чѣмъ данное вещество становится плотнѣе или температура его выше. Объясняется это тѣмъ, что въ такихъ случаяхъ столкновенія происходятъ чаще: становится меньше мѣсто, въ которомъ могутъ совершаться колебательныя движенія молекулъ или особенно увеличивается ихъ сила, благодаря чему столкновенія оказываютъ вліяніе и на движеніе атомовъ, входящихъ въ составъ молекулъ. При изученіи физическихъ явленій мы встрѣчались съ этого рода дѣйствіями: они носили характеръ скрытой или явной работы или теплоты. Энергія движеній атомовъ по орбитамъ, совершающихся внутри молекулъ и при обычныхъ условіяхъ, отъ насъ ускользающихъ, либо отдаетъ часть своей свободной энергіи на увеличеніе поступательнаго движенія атомовъ, либо отнимаетъ въ свою пользу часть энергіи этого послѣдняго движенія: получается либо теплота, либо работа, въ той или другой формѣ, въ свободномъ или связанномъ состояніи.

Переходы изъ одного аггрегатнаго состоянія въ другое, являющіеся слѣдствіемъ температурныхъ измѣненій, относятся собственно уже къ области процессовъ химическихъ. Если въ газахъ молекулы, какъ мы видѣли, независимо другъ отъ друга совершаютъ свои зигзагообразныя движенія, причемъ такія молекулы могутъ дѣйствовать другъ на друга только путемъ столкновеній, то при переходѣ въ жидкое состояніе молекулы превращаются въ такого рода системы, какія представляютъ собой атомы въ молекулахъ газовъ. Притягательная сила начинаетъ дѣйствовать между отдѣльными молекулами. Явленія осмотическаго давленія, которыя, согласно Вантъ-Гоффу, могутъ быть выведены изъ законовъ, управляющихъ газами (стр. 520), а также изслѣдованія разныхъ химическихъ процессовъ даютъ возможность предполагать съ достаточной вѣроятностью, что молекулы жидкостей состоятъ изъ опредѣленнаго числа газовыхъ молекулъ соотвѣтственнаго вещества, числа, величина котораго опредѣляется характеромъ взятаго вещества.

Такимъ образомъ, скорость поступательныхъ прямолинейныхъ движеній, которыя въ виду осмотическаго давленія въ жидкостяхъ все же имѣютъ мѣсто, все убываетъ, и получаются опять все большія и большія матеріальныя системы.

Эти матеріальныя системы во всемъ, что касается ихъ движеній, во всѣхъ главныхъ пунктахъ сходны съ тѣми небесными матеріальными системами, на которыхъ точнѣе, чѣмъ гдѣ-либо въ другомъ мѣстѣ, можно прослѣдить законы тяготѣнія. Мы можемъ приложить заключенія небесной механики къ движеніямъ молекулярнымъ, но оказывается, что, при всемъ своемъ удивительномъ совершенствѣ, эта научная дисциплина не настолько разработана, чтобы на основаніи ея можно было бы дать объясненіе всѣхъ молекулярныхъ движеній, часто несравненно болѣе сложныхъ, нежели движенія, совершающіяся на небѣ. Говоря это, мы имѣемъ въ виду главнымъ образомъ еще не разрѣшенную задачу о трехъ тѣлахъ, которую можно приложить къ изслѣдованію движеній небесныхъ свѣтилъ, которыя, если принять въ разсчетъ ихъ массы, удалены другъ отъ друга на несравненно большія разстоянія, нежели молекулы. Примѣненіе же этой задачи къ изученію движеній молекулярныхъ становится невозможнымъ.

Мы видимъ, что небесныя планетныя системы, съ которыми мы сравниваемъ въ извѣстномъ намъ смыслѣ системы молекулъ, обладаютъ слѣдующими свойствами: всѣ планеты совершаютъ въ плоскостяхъ своихъ орбитъ обращенія въ одномъ и томъ же направленіи вокругъ общаго ихъ центра тяжести, и всѣ эти плоскости орбитъ пересѣкаютъ нѣкоторую неподвижную плоскость подъ углами, величины которыхъ лежатъ въ сравнительно узкихъ предѣлахъ. Это распредѣленіе движущихся планетъ является не только результатомъ ихъ происхожденія, разсматриваемаго хотя бы съ точки зрѣнія гипотезы Кантъ-Лапласа, но и прямой необходимостью, слѣдствіемъ закона тяготѣнія, обусловливаемымъ взаимодѣйствіями отдѣльныхъ членовъ этихъ системъ, совершавшимися въ теченіе цѣлыхъ эпохъ. Даже орбиты кометъ, попадающихъ въ предѣлы солнечной системы извнѣ, мало-по-малу начинаютъ укладываться въ плоскости, проходящія весьма близко отъ основной плоскости планетныхъ орбитъ, лишь только онѣ остаются въ системѣ, и попадаютъ въ число періодическихъ кометъ. Если ограничить все то мѣсто, тѣ предѣлы, до которыхъ доходятъ во время своихъ обращеній планеты, со всѣхъ сторонъ нѣкоторой поверхностью, то у насъ получится чечевицеобразное сплющенное тѣло; точно такую же форму, какъ мы видѣли раньше, принимаетъ построенная подобнымъ образомъ молекула.

Итакъ у насъ получаются сплющенныя тѣла или скопленія матеріи; накладывая слои такихъ тѣлъ другъ на друга, подобно тому, какъ мы это дѣлали съ тѣлами шаровой формы, мы можемъ получать геометрическія тѣла съ осями неодинаковой длины, пересѣкающимися подъ косыми углами, другими словами, кристаллы системъ неправильныхъ. Допустимъ теперь, что значительное число системъ, имѣющихъ совершенно такое же строеніе, какъ наша солнечная, приблизятся другъ къ другу настолько, что будутъ оказывать другъ на друга взаимное воздѣйствіе, но уничтоженія существующихъ группировокъ вызвать не смогутъ; можно показать (строго математическое изслѣдованіе въ данномъ случаѣ пока немыслимо), что во всѣхъ этихъ системахъ плоскости орбитъ стремятся принять одно и то же направленіе и такую группировку, при которой онѣ занимали бы въ пространствѣ какъ можно меньше мѣста и оказывали наименьшее возмущающее дѣйствіе. Чтобы удовлетворить этимъ условіямъ, необходимо, чтобы чечевицеобразныя тѣла, расположенныя по краямъ системы, какъ можно ближе прилегали другъ къ другу своими поверхностями, въ то же время нигдѣ не пересѣкаясь. Другими словами, эти чечевицеобразныя тѣла должны расположиться другъ возлѣ друга такъ, какъ располагаются твердыя тѣла той же формы. Если, наконецъ, такія тѣла будутъ имѣть три оси, то есть будутъ эллипсоидами, какіе получаются при такихъ рѣзко эллиптическихъ орбитахъ, какъ орбиты двойныхъ звѣздъ, то прикладывая ихъ другъ къ другу, мы будемъ получать кристаллы съ тремя различной длины осями, пересѣкающимися подъ косыми углами.

Въ тѣлахъ жидкихъ строеніе матеріи еще можетъ носить кристаллическій характеръ. Отдѣльныя молекулярныя системы не занимаютъ того мѣста, какое должны были занимать по своей формѣ, что объясняется тѣмъ, что разстояніе между ними сравнительно велико, а это ослабляетъ ихъ вліяніе другъ на друга. Но существованіе молекулъ опредѣленной формы можно подмѣтить и въ жидкостяхъ по нѣкоторымъ оптическимъ свойствамъ этихъ жидкостей. Такъ, напримѣръ, мы знаемъ, что всѣ жидкости, въ составъ которыхъ входятъ такъ называемые асимметрическіе углеродные атомы, обладаютъ способностью вращать плоскость поляризаціи свѣта, то есть свойствомъ, которое характерно только для извѣстнаго класса кристалловъ. Но свѣтъ показываетъ намъ характеръ движеній тѣхъ молекулярныхъ системъ, черезъ которыя онъ проходитъ. Поверхности его волны (стр. 551) должны быть вѣрнымъ изображеніемъ тѣхъ обертывающихъ поверхностей молекулярныхъ системъ, о которыхъ мы недавно говорили. Простое и двойное лучепреломленіе свѣта, а также его поляризація являются математическимъ слѣдствіемъ этихъ формъ и соотношеній.

Но какъ только молекулярныя системы настолько приблизятся, что обертывающія ихъ сферы будутъ другъ къ другу чуть не прикасаться, они всѣ примутъ ту группировку, которая требуетъ возможно малыхъ объемовъ: онѣ дадутъ въ своей совокупности то, что называется кристалломъ. Величина просвѣтовъ, остающихся между молекулярными системами, зависитъ отъ строенія и размѣровъ орбитъ отдѣльныхъ членовъ, въ особенности же отъ температуры.

Мы должны предположить, что въ химически сходныхъ веществахъ, которыя вслѣдствіе этого сходства выкристаллизовываются въ однѣхъ и тѣхъ же формахъ, молекулярныя системы имѣютъ совершенно одинаковое строеніе, то есть содержатъ въ себѣ по одинаковому числу атомовъ одной и той же формы; такія сходныя системы должны получаться всегда, когда дѣйствуютъ однѣ и тѣ же причины. Но каждое химическое вещество можетъ получиться лишь при совершенно одинаковыхъ условіяхъ; оно можетъ быть получено только изъ соединеній, въ которыхъ оно уже раньше содержалось; въ такихъ соединеніяхъ эти извѣстныя однородныя системы соединены съ другими въ свою очередь однородными системами, отъ которыхъ онѣ и отдѣляются. На небѣ можно также видѣть много такихъ скопленій матеріи, которыя, повидимому, состоятъ изъ звѣздъ одинаковой величины и состава. Тамъ, гдѣ первичная матерія, то есть по нашимъ представленіямъ скопленіе первичныхъ атомовъ, распредѣлена равномѣрно, тамъ могутъ получаться тѣла одного и того же рода, будь то атомы, молекулы, кристаллы, небесныя свѣтила, планетныя системы или млечные пути. Правда, въ большинствѣ случаевъ, солнца, образующія звѣздныя скопленія, бываютъ неодинаковой величины и распредѣлены они тутъ также неравномѣрно, но и на землѣ мы рѣдко встрѣчаемъ химическія вещества въ чистомъ видѣ; по большей части, различныя вещества другъ въ друга внѣдрены. Выдѣленіе однородныхъ веществъ уже дѣло рукъ человѣческихъ. Уже человѣкъ собираетъ небольшія количества матеріи въ молекулярныя звѣздныя скопленія, однородныя по составу.

Мы видимъ на небѣ самыя разнообразныя скопленія матеріи, самыя разнообразныя матеріальныя системы, начиная съ простыхъ двойныхъ звѣздъ и кончая сложными системами солнцъ; вокругъ большинства такихъ солнцъ, какъ вокругъ нашего центральнаго свѣтила, въ большинствѣ случаевъ, движутся планеты, а вокругъ этихъ послѣднихъ ихъ спутники; всѣ эти тѣла сливаются въ одно огромное кольцо, представляющееся въ видѣ мерцающаго млечнаго пути. Но всѣ тѣ комбинаціи матеріальныхъ частей, которыя можно видѣть на небѣ, существуютъ также и на той ступени усложненія матеріи, которую занимаютъ молекулярныя системы: мы находимъ тутъ всѣ градаціи, начиная съ водороднаго атома и кончая молекулой бѣлка, состоящей изъ сотенъ атомовъ, коллоидальное состояніе которыхъ, позволяетъ имъ вступать въ тысячи новыхъ, болѣе высокихъ соединеній; идя далѣе, мы, наконецъ, доходимъ тутъ до кристалловъ, въ которыхъ невидимый міръ молекулъ проявляетъ себя уже осязательнымъ образомъ.

Такимъ образомъ, каждое химическое соединеніе представляетъ собой молекулярную матеріальную систему вполнѣ опредѣленныхъ размѣровъ, члены которой сгруппированы, при томъ, вполнѣ опредѣленнымъ образомъ; благодаря этому, при изслѣдованіи химическихъ свойствъ матеріи, по многимъ вопросамъ можно высказаться уже болѣе или менѣе точно. Мы показали съ достаточной подробностью, что химическія формулы строенія схематически представляютъ эти системы и даютъ намъ указанія не только относительно числа и размѣровъ отдѣльныхъ членовъ, входящихъ въ ихъ составъ, но и относительно группировки этихъ членовъ. Если бы можно было съ одинаковой степенью точности выполнить изслѣдованіе физическихъ свойствъ матеріи и опредѣлить какъ характеръ движеній, совершаемыхъ по нѣкоторымъ орбитамъ членами этихъ системъ, такъ и отношеніе, существующее между размѣрами этихъ орбитъ и величиной сказанныхъ членовъ, то тѣмъ самымъ мы получили бы возможность дать математическую теорію этихъ движеній и взаимодѣйствій различныхъ системъ, пользуясь закономъ тяготѣнія; если наши предположенія вѣрны, то эта теорія должна была бы вполнѣ согласоваться съ тѣмъ, что мы знаемъ о химическихъ свойствахъ матеріи. Попытки въ этомъ направленіи дѣлались, и о нихъ можно сказать, что они никакихъ противорѣчій во всякомъ случаѣ не обнаружили; настоящей же теоретической химіи, построенной на чисто механическихъ основахъ, придется ждать, конечно, еще долго. При дальнѣйшемъ разборѣ всей совокупности химическихъ явленій, мы будемъ придерживаться почти исключительно добытыхъ нами свѣдѣній и на основаніи ихъ попытаемся вывести дальнѣйшія заключенія о характерѣ строенія молекулярныхъ системъ.

Въ этомъ смыслѣ особо важныя услуги оказала наукѣ новая отрасль химіи, стереохимія; стереохимическія представленія привели, какъ мы показали на стр. 503, къ признанію необходимости тетраедрической формы углероднаго атома. Та же стереохимія позволяетъ намъ при помощи соображеній, опирающихся на чисто механическихъ основахъ, уяснить себѣ сущность химической значности (стр. 500). Разумѣется, шаровой формы химическіе атомы не имѣютъ. Мы уже видѣли, что и на низшихъ ступеняхъ образованія матеріальныхъ скопленій, какъ только соединялось между собой нѣсколько первичныхъ атомовъ, тотчасъ же получались формы, отличныя отъ шаровой, а именно тѣ формы, которыя должны лечь въ основу образующихся кристалловъ, какъ ихъ геометрическіе элементы. Точно также и на ступени образованія молекулярныхъ системъ скопленія этой формы получаются изъ болѣе или менѣе значительныхъ шаровыхъ. Даже на той ступени, на которой стоятъ небесныя свѣтила, мы встрѣчаемъ подобные факты. Мы знаемъ, что существуютъ такія системы, какъ двойныя звѣзды, въ которыхъ каждая изъ звѣздъ совершаетъ вокругъ другой обращенія, оставаясь на столь незначительномъ разстояніи отъ этой послѣдней, что въ этомъ отношеніи такого рода систему можно съ полнымъ правомъ сравнить съ молекулой химическаго элемента, состоящей изъ двухъ атомовъ; въ такихъ молекулахъ атомы также не вполнѣ соприкасаются другъ съ другомъ. Множество такихъ системъ до сихъ поръ не открыто, благодаря тому, что члены ихъ расположены слишкомъ близко другъ отъ друга, что, впрочемъ, въ значительной степени зависитъ и отъ трудности самого изслѣдованія.

Мы видѣли, что химическая значность вещества является результатомъ того или иного характера поверхности его атомовъ. За исходную точку этихъ гипотетическихъ соображеній былъ принятъ атомъ углерода, четырехзначный и вмѣстѣ съ тѣмъ имѣющій четыре грани. Но химическіе атомы не прилегаютъ другъ къ другу вплотную, — они описываютъ внутри молекулъ кругообразныя орбиты, а потому вмѣсто этихъ граней слѣдуетъ представлять себѣ, какъ это мы видѣли на стр. 578, просто касательныя поверхности, ограничивающія уже не самое вещество, а весь объемъ, отходящій подъ молекулу.

Вслѣдствіе этого наши представленія о значности пріобрѣтаютъ совершенно новый характеръ. Однозначные элементы, кромѣ новыхъ газовъ, найден-

ныхъ въ атмосферѣ и состоящихъ даже тогда, когда они въ газообразномъ состояніи (стр. 433), изъ отдѣльныхъ атомовъ, имѣютъ, какъ мы знаемъ, молекулы, состоящія изъ двухъ атомовъ; такія молекулы представляютъ собой, стало быть, двойники, въ которыхъ атомы совершаютъ другъ около друга такія же обращенія, какъ звѣзды, входящія въ составъ двойной звѣзды. Химикъ говоритъ, что приходящіяся на нихъ долю единицы сродства (на долю каждаго приходится по единицѣ) взаимно насыщаются. Болѣе сильныя системы могутъ разбить такой двойникъ; каждый изъ входящихъ въ составъ его атомовъ можетъ присоединиться къ другой системѣ; такимъ образомъ эти атомы, имѣющіе по одной единицѣ сродства, начинаютъ вращаться вокругъ болѣе сильнаго атома, на подобіе спутниковъ; въ новую систему можетъ войти столько однозначныхъ атомовъ, сколькими свободными единицами сродства располагаютъ входящіе въ составъ ея атомы. Какъ построены эти системы, рѣшить на основаніи одного закона тяготѣнія ни теоретическимъ путемъ, ни опытнымъ мы не можемъ, и потому намъ больше ничего не остается, какъ воспользоваться астрономическими параллелями, что сдѣлать мы въ правѣ. Всѣ химическія системы насыщены тутъ вполнѣ. Точно также и въ нашу солнечную систему не могло бы войти новое тѣло, приближающееся по величинѣ къ планетѣ, не измѣнивъ тѣмъ самымъ всего строенія ея. Разстоянія между планетами слѣдуютъ извѣстному правилу; въ системѣ этой не наблюдается никакихъ недочетовъ, она въ химическомъ смыслѣ насыщена. Представимъ себѣ систему, состоящую изъ двухъ планетъ, по величинѣ приближающихся къ размѣрамъ спутниковъ Юпитера и обращающихся другъ около друга; пусть они находятся другъ отъ друга на разстояніи, составляющемъ значительную часть разстоянія между орбитами двухъ какихъ-нибудь планетъ, скажемъ, Юпитера и Сатурна. Пусть теперь такая система очутится между орбитами Юпитера и Сатурна. Возмущающее дѣйствіе этихъ двухъ послѣднихъ планетъ сдѣлаетъ то, что наша система распадется; одинъ изъ членовъ ея станетъ спутникомъ Сатурна, другой — Юпитера. Съ другой стороны, всю солнечную систему можно принять за одинъ атомъ. Всѣ части ея проносятся сквозь пространство приблизительно со скоростью четырехъ миль въ секунду; онѣ составляютъ какъ бы одно тѣло. Если бы во время этого перемѣщенія солнечная система попала въ область другой системы, значительно большей, то она примкнула бы къ этой послѣдней, какъ нѣчто цѣлое, причемъ строеніе ея не должно было бы непремѣнно сколько-нибудь значительно измѣниться. При другихъ условіяхъ она могла бы совершенно раствориться, причемъ ея части образовали бы съ частями другой системы снова „насыщенное" соединеніе, насыщенную систему. Въ этомъ смыслѣ понятію о химической значности соотвѣтствуетъ тутъ число особыхъ центровъ тяжести молекулярныхъ системъ, около которыхъ тѣла могутъ группироваться. Но мы повторяемъ, что всѣ эти соображенія носятъ характеръ весьма гипотетическій.

Мы уже видѣли, что направленіямъ плоскостей спайности въ кристаллахъ соотвѣтствуетъ распредѣленіе въ нихъ всѣхъ другихъ ихъ свойствъ. Эти направленія опредѣляются расположеніемъ обертывающихъ поверхностей молекулярныхъ системъ. Оказалось, что наибольшей сжимаемостью обладаютъ кристаллы по тѣмъ направленіямъ, по которымъ эти системы подъ вліяніемъ внѣшняго давленія еще могутъ сблизиться, не входя другъ въ друга. Но это возможно лишь въ томъ случаѣ, когда давленіе направлено не подъ прямымъ угломъ къ этимъ ограничивающимъ молекулярныя системы поверхностямъ. По перпендикулярнымъ же направленіямъ волны свѣта и лучистой теплоты проходятъ легче всего; поэтому онѣ сворачиваютъ съ своего пути на это направленіе. Если сказанныя обертывающія поверхности, какъ это бываетъ въ кристаллахъ, принадлежащихъ къ системамъ неправильнымъ, пересѣкаются въ какомъ-либо мѣстѣ подъ очень острыми углами, то волны, ударяющіяся о такія ребра, разбиваются на двѣ части, которыя идутъ отсюда уже по разнымъ направленіямъ; это двупреломляющія тѣла. Только кристаллы съ косыми углами обладаютъ этимъ оптическимъ свойствомъ.

Наше повседневное пониманіе вещей съ трудомъ мирится съ представле-

ніемъ о томъ, что такъ называемыя твердыя тѣла являются скопленіемъ мельчайшихъ частей, отдѣленныхъ другъ отъ друга пустыми промежутками. Какимъ же образомъ, можемъ мы себя спросить, втаскиваетъ на гору тяжело нагруженную повозку сила лошади, тянущей за упряжку, когда между отдѣльными частями этихъ тѣлъ нѣтъ никакой связи? Сама сила дѣйствуетъ непосредственно лишь на незначительное число этихъ молекулярныхъ системъ; эти системы передаютъ силу черезъ пустое пространство слѣдующимъ ближайшимъ и заставляютъ ихъ двигаться по тому же пути, по которому движутся подъ вліяніемъ тяги первыя системы. Но даже и эти первыя системы не получаютъ толчка непосредственно, а приходятъ въ движеніе подъ вліяніемъ кажущихся дальнодѣйствій. Какія бы предположенія мы ни высказывали относительно процессовъ, происходящихъ въ этихъ молекулярныхъ сферахъ, мы не можемъ обойтись безъ представленія о промежуткахъ между молекулами, связь между которыми поддерживается притяженіями. Даже въ гибкой упряжи въ нашемъ примѣрѣ существованіе такихъ промежутковъ, очевидно, необходимо. Если бъ не было такихъ промежутковъ, развѣ могли бы отдѣльныя части такъ легко измѣнять свое положеніе другъ относительно друга, не теряя въ то же время своей твердости? Очевидно, молекулярныя системы переплетаются тутъ самымъ сложнымъ образомъ; онѣ связаны другъ съ другомъ взаимнымъ притяженіемъ и заставляютъ другъ друга участвовать въ нѣкоторомъ общемъ движеніи, хотя въ это движеніе вовлечено внѣшней силой сначала лишь незначительное число такихъ системъ. То же самое мы часто видимъ и на небесныхъ свѣтилахъ; они также могутъ подчиняться одной и той же тягѣ. Звѣздныя скопленія, заключающія въ себѣ тысячи отдѣльныхъ солнцъ, движутся по одному и тому же общему пути, хотя другъ отъ друга они отдѣлены огромными промежутками. Если бы намъ удалось свести наше солнце съ его пути, то вслѣдъ за нимъ ушли бы и всѣ его планеты, которыя обращались бы вокругъ него такъ же, какъ и теперь.

Эти общія движенія являются результатомъ дѣйствія потоковъ тѣхъ первичныхъ атомовъ, которые въ извѣстныхъ частяхъ пространства движутся по извѣстнымъ направленіямъ, что обусловливается особой группировкой частей матеріи, находящейся, можетъ быть, гдѣ-нибудь очень далеко. Съ точки зрѣнія тѣхъ представленій, которыхъ придерживаемся мы, передачу тяги, сообщаемой непосредственно первой группѣ, слѣдующей за ней ближайшей группѣ, можно съ полнымъ правомъ сопоставить съ слѣдующимъ вполнѣ для насъ понятнымъ явленіемъ: если въ стоячей водѣ въ опредѣленномъ направленіи передвигать какой-либо предметъ, въ ней образуется теченіе, которое будетъ увлекать вслѣдъ за первымъ предметомъ всѣ остальные, находящіеся въ водѣ, предметы. Что сила потока несущихся первичныхъ атомовъ достаточно велика, видно изъ того, какъ прижаты другъ къ другу мельчайшія частицы твердыхъ тѣлъ. Сила притяженія, обусловленная дѣйствіемъ этого несущагося со всѣхъ сторонъ потока, здѣсь равна какъ разъ той силѣ, которую приходится затратить для того, чтобы расколоть твердое тѣло.

Что дѣйствіе притягательной силы простирается только до извѣстнаго предѣла и что между молекулами тѣла непремѣнно должны оставаться необходимые промежутки, мы уже знаемъ. На молекулу можно смотрѣть какъ на твердое тѣло, размѣры котораго опредѣляются предѣлами орбитъ, описываемыхъ ея крайними атомами. Твердыя молекулы другъ друга притягиваютъ, но въ то же время сильно противодѣйствуютъ внѣдренію одной въ другую, и это противодѣйствіе можетъ преодолѣть либо температурныя вліянія, сокращающія размѣры орбитъ, либо сильное механическое сдавливаніе.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ подъ вліяніемъ такого давленія однѣ молекулярныя системы настолько входятъ внутрь другихъ, что составляющіе ихъ атомы уже не могутъ сохранить своей связи съ ними и отъ нихъ отрываются. Въ такихъ случаяхъ, часто съ сильнымъ взрывомъ, образуются новыя молекулы съ новой группировкой атомовъ. Но никакого взрыва не произойдетъ въ томъ случаѣ, когда размѣры орбитъ атомовъ будутъ въ такой же мѣрѣ уменьшены путемъ

пониженія температуры, то есть, когда все тѣло пріобрѣтетъ ту же плотность, какую оно пріобрѣтаетъ, какъ было сказано, подъ вліяніемъ давленія: пониженіе температуры вызоветъ сразу сокращеніе всѣхъ орбитъ, а потому не будетъ и перехода атомовъ изъ одной системы въ другую. Не то будетъ при повышеніи температуры: въ этомъ случаѣ, химическое превращеніе произойти можетъ; возрастаніе температуры обусловитъ увеличеніе орбитъ атомовъ, и разстояніе между молекулами можетъ оказаться при этомъ недостаточнымъ для того, чтобы атомы могли безпрепятственно совершать свои колебанія. Атомы въ такихъ случаяхъ будутъ попадать въ другія системы и разрушать ихъ. Но при достаточной постепенности нагрѣванія явленія взрыва можно избѣжать. Но стоитъ давленію или температурнымъ колебаніямъ оторвать хотя бы въ одномъ мѣстѣ нѣсколько атомовъ, и эти атомы начнутъ увлекать за собой остальные: благодаря внезапному переходу ихъ связанной энергіи, по нашимъ представленіямъ, энергіи ихъ вращательныхъ движеній по орбитамъ, въ свободную энергію, въ поступательное движеніе, значительно повышается температура тѣла; такимъ образомъ разъ начавшееся хотя на самомъ маломъ участкѣ разрушеніе системъ быстро распространяется во всѣ стороны. Само собой разумѣется, что такого рода дѣйствія всецѣло зависятъ отъ характера орбитъ, описываемыхъ атомами, входящими въ составъ системъ, и потому взрывчатыми свойствами отличается лишь сравнительно немного тѣлъ. Мы видѣли, какъ искусственно строеніе молекулъ такихъ веществъ. Другія тѣла могутъ также проявлять такія дѣйствія, только въ нихъ они протекаютъ гораздо медленнѣе; въ нихъ сильнѣе связь между атомами, образующими молекулы. Но для каждаго соединенія существуетъ опредѣленная температура, при которой оно, какъ таковое, перестаетъ существовать, температура диссоціаціи.

Если температура тѣла будетъ все болѣе и болѣе понижаться, орбиты атомовъ станутъ сильнѣе и сильнѣе приближаться къ общему ихъ центру тяжести, въ то же время все больше и больше станутъ сближаться и молекулы. При абсолютномъ нулѣ всѣ части матеріи должны другъ съ другомъ соприкасаться, что влечетъ за собой ихъ полную неподвижность. Вся энергія первичныхъ атомовъ, изъ которыхъ, по нашимъ представленіямъ, нѣкогда образовалась вся матерія, тутъ израсходована, остаются только движенія, общія бо́льшимъ системамъ движенія, въ которыхъ принимаютъ участіе и всѣ окружающія тѣла. На тѣ массы, которыя дошли до температуры абсолютнаго нуля, первичные атомы дѣйствуютъ только какъ тяготѣніе, увлекая съ собой въ своемъ потокѣ эти массы, какъ нѣчто цѣлое. Въ этомъ случаѣ первичные атомы уже не могутъ проникнуть въ просвѣты между атомами; атомы прилегаютъ тутъ другъ къ другу вплотную; поэтому первичные атомы не могутъ тутъ ни произвести новыхъ температурныхъ колебаній, ни образовать новыхъ молекулярныхъ системъ. Въ тѣлахъ, дошедшихъ до такого охлажденія, прекращаются всѣ тепловыя, свѣтовыя, электрическія и химическія дѣйствія. Всѣ эти атомы образуютъ теперь одно нераздѣльное тѣло, новый атомъ, который можетъ быть раздробленъ только при столкновеніи съ бо́льшей, нежели его массой, при чемъ къ такой массѣ онъ можетъ и присоединиться. Такимъ образомъ и въ химическихъ атомахъ, до сихъ поръ считающихся недѣлимыми, мы видимъ скопленія меньшихъ атомовъ, нѣкогда охладившихся до абсолютнаго нуля.

Мы знаемъ, что современная техника позволяетъ получать температуры, отличающіяся отъ абсолютнаго нуля лишь на какихъ-нибудь нѣсколько десятковъ градусовъ. Разумѣется, полученіе слѣдующихъ температуръ, еще болѣе низкихъ, чѣмъ достигнутыя нынѣ, сопряжено съ все большими и большими трудностями, и врядъ ли можно надѣяться когда-либо дойти до сказанной крайней температуры. Есть достаточно основаній предполагать, что температура въ 273 градуса ниже нуля, которая, какъ принято думать, соотвѣтствуетъ абсолютному нулю, на самомъ дѣлѣ этой точкѣ не отвѣчаетъ. Можетъ оказаться, что мы къ этой точкѣ приближаемся только „ассимптотически“, что, на самомъ дѣлѣ, она, по мѣрѣ того какъ мы къ ней приближаемся, отодвигается все дальше и дальше въ безконеч-

ность. Только въ доступныхъ намъ областяхъ приближеніе сохраняетъ видимость равномѣрности, позволяющую намъ установить такой законъ, какъ законъ Гей-Люссака. Въ областяхъ же человѣку недоступныхъ, въ такихъ ли областяхъ, какъ заміровое пространство или міръ молекулъ, или въ какихъ-нибудь другихъ аномальныхъ случаяхъ, всѣ вообще законы требуютъ поправокъ.

Но если бъ намъ дѣйствительно удалось дойти до абсолютнаго нуля; то тутъ мы были бы свидѣтелями замѣчательнѣйшихъ явленій. Такъ, напримѣръ, кусокъ стекла подъ вліяніемъ такой температуры сталъ бы непрозрачнымъ и абсолютно твердымъ; эти свойства онъ сохранилъ бы навсегда; онъ не казался бы намъ ни теплымъ, ни холоднымъ, потому что не могъ бы ни принимать въ себя теплоты, ни отдавать ее. Его нельзя было бы расплавить, даже подвергая его дѣйствію самыхъ высокихъ температуръ; его нельзя было бы ни наэлектризовать, ни ввести въ химическую реакцію. Онъ былъ бы совершенно индифферентенъ какъ по отношенію къ свойствамъ физическимъ, такъ и по отношенію къ свойствамъ химическимъ. Только вѣсъ его сохранился бы, вѣсъ, который при совершившемся процессѣ не претерпѣлъ никакихъ измѣненій. Только на тяготѣніе не оказываютъ никакого вліянія температуры, лежащія у абсолютнаго нуля.

Въ области нашей солнечной системы или въ той части вселенной, наполненной солнцами, которая доступна для нашего изслѣдованія, абсолютный нуль встрѣчается развѣ лишь на очень небольшихъ протяженіяхъ, а, можетъ быть, и нигдѣ не встрѣчается. Свѣтовые лучи, пролетающіе повсюду, показываютъ, что матерія, расположенная вокругъ насъ, находится въ состояніи живѣйшаго движенія и что эти движенія совершаются какъ молекулами и атомами, такъ и небесными свѣтилами. Мы уже видѣли, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ два первичныхъ атома претерпѣваютъ столкновеніе такого рода, что послѣ него остаются уже вмѣстѣ, а ихъ прежнее поступательное движеніе при этомъ актѣ уничтожается; слѣдуя именно этому пути, мы дошли до представленія о химическихъ атомахъ. Но въ самомъ же началѣ мы указали, что такіе центральные удары атомовъ, движущихся притомъ по взаимно противоположнымъ направленіямъ, встрѣчаются чрезвычайно рѣдко и что все построеніе міра изъ нѣкоторой предполагаемой первичной матеріи — одна абстракція, которой, однако, мы пользуемся для того, чтобы въ своемъ изслѣдованіи исходить изъ наиболѣе простыхъ представленій. Въ дѣйствительности же мы предполагаемъ, что съ самаго же начала, съ того начала, какое только мы въ состояніи себѣ представить, матерія и энергія были распредѣлены неравномѣрно.

По мѣрѣ того, какъ потокъ первичныхъ атомовъ, благодаря разнымъ превращеніямъ матеріи, принялъ болѣе или менѣе опредѣленное направленіе, дѣйствіе ихъ въ извѣстныхъ областяхъ усилилось; благодаря имъ, возникали новые міры и рушились уже существовавшіе или, лучше сказать, не рушились, а оставались въ бездѣйствіи до тѣхъ поръ, пока новый потокъ не сообщалъ имъ новой силы. Та матерія, изъ которой построенъ теперь нашъ міръ, нѣкогда находилась въ покоѣ. Та матерія, которую мы теперь у насъ можемъ, такъ сказать, осязать руками, нѣкогда была предоставлена самой себѣ, подобно небеснымъ туманностямъ, этимъ огромнымъ скопленіямъ газа, заполняющимъ на большихъ протяженіяхъ пространство, не имѣющимъ видимаго движенія, удаленнымъ отъ тѣхъ большихъ центровъ матеріи, которые могли бы передавать имъ путемъ лучеиспусканія свою теплоту. Энергія движенія ослабилась вслѣдствіе постоянныхъ столкновеній, происходившихъ внутри всего этого скопленія матеріи, что было равносильно пониженію ея температуры. Повсюду образовались узлы матеріи, имѣющей максимальную плотность, которая такимъ образомъ имѣла температуру, отъ абсолютнаго нуля во всякомъ случаѣ мало отличающуюся. Если бы до этого матерія была бы распредѣлена достаточно равномѣрно, то въ извѣстный моментъ всѣ эти узлы были бы приблизительно одной и той же величины, потому что они составились бы при одинаковыхъ условіяхъ. Въ составъ небесныхъ туманностей входитъ лишь нѣсколько химическихъ элементовъ: водородъ, который встрѣчается

повсюду, азотъ и еще одинъ неизвѣстный элементъ, быть можетъ, то первичное вещество, изъ котораго нѣкогда образовались атомы теперешнихъ химическихъ элементовъ. Но если бы къ тому времени въ этомъ предоставленномъ на произволъ судьбы мірѣ образовались молекулы болѣе высокаго порядка, молекулы, представляющія собой уже достаточно извѣстныя намъ системы атомовъ, совершающихъ вращательныя движенія вокругъ нѣкотораго общаго имъ центра тяжести, то при прохожденіи черезъ температуру абсолютнаго нуля изъ прежнихъ молекулъ получились бы новые большіе, нежели въ первомъ случаѣ, атомы; изъ этихъ атомовъ могъ бы развиться міръ болѣе высокаго порядка, нежели тотъ, который дошелъ до температуры абсолютнаго нуля; для этого достаточно было бы, чтобы это облако, туманность, повстрѣчало на своемъ пути область болѣе высокой температуры, то есть такую область, въ которой первичные атомы обладаютъ болѣе значительнымъ запасомъ энергіи колебаній, нежели обыкновенно.

Но атомы большихъ размѣровъ могутъ образовать молекулы и безъ особенно высокихъ температуръ; такія новыя системы болѣе высокаго порядка могутъ образовываться подъ вліяніемъ силы тяжести, которая при температурѣ абсолютнаго нуля продолжаетъ дѣйствовать по-прежнему. Но на этихъ болѣе высокихъ ступеняхъ движенія, движенія болѣе медленнаго, абсолютный нуль необходимо долженъ имѣть другое значеніе, нежели у насъ; въ самомъ дѣлѣ, охлажденіе того пространства, въ которомъ движутся небесныя свѣтила, въ началѣ на ихъ движеніе могло бы не оказать никакого дѣйствія. Но наступило бы время, когда прекратились бы и эти движенія. Планеты станутъ все болѣе и болѣе приближаться къ солнцу и, наконецъ, съ нимъ сольются. Этотъ моментъ для всего разсматриваемаго матеріальнаго комплекса, для всего творенія, знаменуетъ наступленіе температуры абсолютнаго нуля. Это скопленіе матеріи будетъ оставаться въ такомъ состояніи до тѣхъ поръ, пока не приблизится къ другому бо́льшему скопленію, вмѣстѣ съ которымъ можетъ дать новую систему, новую молекулу болѣе высокаго порядка. Такимъ образомъ та состоящая изъ небесныхъ свѣтилъ молекула, которую мы называемъ солнечной системой, превратилась въ атомъ: наступаетъ абсолютный покой. Такимъ образомъ атомы являются не только результатомъ столкновенія первичныхъ атомовъ, атомы получаются также при всякомъ движеніи матеріи въ сторону ея развитія, причемъ такіе атомы будутъ имѣть все большіе и большіе размѣры.

Среди разнаго рода физическихъ и химическихъ дѣйствій матеріи, разсмотрѣнныхъ до сихъ поръ нами, дѣйствій, постоянно участвующихъ въ процессѣ созиданія всего видимаго и въ совершающемся въ немъ круговоротѣ, электричество занимаетъ особое мѣсто: дѣйствія электричества обнаруживаются лишь при особыхъ условіяхъ. При болѣе обстоятельномъ изслѣдованіи электричество оказывается силой столь же распространенной, какъ, напримѣръ, теплота. Мы замѣтили уже съ самаго начала, что необходимымъ условіемъ возникновенія электрическихъ дѣйствій мы должны признать, въ виду высказываемыхъ нами взглядовъ, возможность вращательныхъ движеній для мельчайшихъ частей матеріи, для первичныхъ атомовъ. Но такого рода вращательное движеніе имѣетъ каждый первичный атомъ, пришедшій въ столкновеніе съ другимъ первичнымъ атомомъ, и продолжающій свое движеніе далѣе. Но на каждую молекулу въ извѣстномъ смыслѣ можно смотрѣть, какъ на твердое тѣло, а потому вращательное движеніе ея атомовъ соотвѣтствуетъ вращенію молекулы, и такимъ образомъ, какъ цѣлое, молекула электрическія дѣйствія можетъ производить. Мы показали въ главѣ объ электричествѣ, что для этого необходимо, чтобы эти вращенія, ихъ направленія, были извѣстнымъ образомъ систематизованы и упорядочены; въ тѣлахъ же не наэлектризованныхъ эти вращенія могутъ совершаться одинаково по всѣмъ направленіямъ.

Въ извѣстныхъ случаяхъ для этого приведенія направленій вращеній въ систему достаточно сильнаго механическаго воздѣйствія (тренія). Нѣкоторыя вещества, въ силу особенностей своего строенія, обладаютъ способностью сообщать своимъ частямъ движеніе лишь въ нѣкоторомъ опредѣленномъ направле-

ніи. Такія тѣла могутъ наэлектризоваться лишь въ одномъ опредѣленномъ смыслѣ, мельчайшія же частицы другого вещества, того, о которое мы первое терли, слѣдуя закону дѣйствія и противодѣйствія, станутъ вращаться въ направленіи противоположномъ. Такъ происходитъ раздѣленіе двухъ электричествъ. Въ зависимости отъ строенія, одни вещества могутъ оказаться электроположительными, другія — электроотрицательными; но это свойство нельзя считать для вещества чѣмъ либо рѣшающе характернымъ. Есть вещества, которыя становятся то электроположительными, то электроотрицательными, въ зависимости отъ большей или меньшей способности частицъ другого вещества, съ которымъ мы приводимъ разсматриваемое тѣло въ соприкосновеніе, оріентироваться въ томъ или другомъ опредѣленномъ направленіи. При изслѣдованіи электрическихъ явленій, намъ постоянно приходится имѣть дѣло съ дѣйствіями полярными; ихъ противодѣйствія проявляются и переносятся на то или другое вещество лишь при соотвѣтственномъ расположеніи нашихъ операцій. Въ такихъ веществахъ, какъ непроводники (стекло и т. п.), движеніе, сообщаемое нами, воспринимается только непосредственно затрагиваемыми нами наружными частями. На смежныя молекулы, внутрь вещества, движеніе въ этихъ случаяхъ не передается. Но это электрическое вращательное движеніе сообщается тѣмъ первичнымъ атомамъ эѳира, которые носятся въ промежуткахъ между молекулами, и они передаютъ его дальше съ свойственной имъ скоростью въ 300.000 км. въ секунду.

Такія вещества, какъ стекло, обладающія по отношенію къ строенію характерными физическими и химическими особенностями, и потому электризующіяся только на поверхности (статическое электричество) легко пропускаютъ сквозь промежутки между клѣтками ихъ молекулярной ткани электрическія дѣйствія, сообщенныя эѳиру. Это — діэлектрики. Поры между молекулами тутъ слишкомъ велики по отношенію къ сказаннымъ электрическимъ волнамъ; вслѣдствіе этого не можетъ быть и передачи вращеній отъ молекулы къ молекулѣ. Въ другихъ веществахъ, въ электропроводящихъ тѣлахъ, въ проводникахъ, молекулярное строеніе, наоборотъ, таково, что всякое извнѣ приходящее электрическое дѣйствіе можетъ тотчасъ же сообщиться смежнымъ молекуламъ. Тѣло въ этомъ случаѣ наэлектризовывается сполна, вплоть до молекулъ, лежащихъ въ самой глубинѣ его; такимъ образомъ, электрическое дѣйствіе тотчасъ же передается дальше. При треніи, напримѣръ, такое дѣйствіе такъ, какъ въ непроводникахъ, тутъ не обнаруживается. Отсюда слѣдуетъ, что въ проводникахъ молекулярная ткань должна быть гораздо плотнѣе, нежели въ непроводникахъ; благодаря этому, дѣйствія, сообщаемыя эѳиру, сквозь проводящее тѣло не передаются: проводящее тѣло электричество проводитъ, но сквозь себя не пропускаетъ; по отношенію къ электричеству оно непрозрачно. Процессъ, совершающійся въ нихъ, прямо обратенъ тому, который совершается въ діэлектрикахъ. Мы знаемъ, что къ числу проводниковъ относятся прежде всего металлы, которые и по отношенію къ свѣту являются наиболѣе непрозрачными тѣлами. Съ поверхности проводника электрическія колебанія сообщаются смежнымъ діэлектрикамъ, напримѣръ, воздуху, или, лучше сказать, пронизывающимъ его атомамъ эѳира. Получаются эѳирные вихри, оси которыхъ совпадаютъ съ осями проводниковъ, — это прекрасно видно изъ опытовъ съ желѣзными опилками (стр. 331). Скорость распространенія электрическихъ волнъ зависитъ, какъ показалъ Герцъ, не столько отъ свойствъ проводниковъ, сколько отъ того сопротивленія, которое оказываютъ этимъ волнамъ окружающіе проводники діэлектрики. Въ такъ называемой пустотѣ волны эти распространяются со скоростью, равной скорости свѣта, въ мѣстахъ, наполненныхъ матеріей, соотвѣтственно медленнѣе. Эти вихри эѳира являются истинной причиной тѣхъ притяженій и отталкиваній, по которымъ мы узнаемъ присутствіе электричества.

Особенностями молекулярнаго строенія металловъ, особенностями еще не объясненными, обусловливается также и раздѣленіе электричествъ, приходящихъ въ гальваническихъ батареяхъ въ соприкосновеніе съ такъ называемыми электролитами. При взаимномъ приближеніи двухъ разнородныхъ молекулъ всегда

проявляется стремленіе направить ихъ обращенія опредѣленнымъ образомъ въ прямо противоположныя стороны; электричества при всякомъ соприкосновеніи въ извѣстной мѣрѣ расщепляются. Но обнаружиться это раздѣленіе электричествъ можетъ лишь при особыхъ обстоятельствахъ: такія отдѣлившіяся другъ отъ друга количества электричества стремятся, какъ можно скорѣе, взаимно нейтрализоваться, лишь только устранится причина ихъ расщепленія. Соприкосновеніе металлическихъ проводниковъ съ жидкими электролитами особенно благопріятствуетъ расщепленію электричествъ; описанное нами устройство гальваническихъ батарей (стр. 560) еще болѣе способствуетъ усиленію дѣйствій на обоихъ электродахъ. Во время этихъ процессовъ непремѣнно должны совершаться химическія превращенія. Въ клѣткахъ плотной металлической молекулярной ткани атомы принимаютъ нѣкоторую опредѣленную группировку, что обусловливаетъ движеніе по взаимно противоположнымъ направленіямъ новыхъ молекулъ, носящихъ, какъ мы сказали, названіе іоновъ. Обратно, взаимно противоположныя вращательныя движенія, вызванныя въ обоихъ электродахъ дѣйствіемъ какимъ либо образомъ полученнаго тока, могутъ сообщить молекуламъ электролита такого рода сотрясенія, что въ немъ молекулы либо начнутъ образовываться изъ атомовъ вновь, либо будутъ распадаться на части все больше и больше (электролитическое разложеніе).

Электрическія дѣйствія получаются при помощи химическихъ превращеній только въ батареяхъ. Вообще же возникновеніе ихъ обусловливается появленіемъ вихря первичныхъ атомовъ, независимо отъ его происхожденія. Что это такъ, показываютъ явленія электромагнитизма. Мы совершенно ясно видимъ, что вокругъ магнита дѣйствуютъ силы, которыя стремятся втянуть въ свой кругъ всякое другое магнитное тѣло и придать ему направленіе, одинаковое съ направленіемъ собственной оси магнита, совершенно такъ, какъ если бы тутъ дѣйствительно протискивался сквозь какую нибудь трубку вихрь. Магнитныя явленія мы объясняли поэтому слѣдующимъ образомъ: мы разбивали вращенія молекулъ, совершающіяся въ магнитахъ, на двѣ отдѣльныхъ группы по ихъ направленіямъ, предполагая, что молекулы движутся, какъ зубчатыя колеса, попарно входящія зубцами другъ въ друга. Въ магнитахъ мы имѣемъ оба электричества въ расщепленномъ видѣ, до извѣстной степени, въ одномъ и томъ же тѣлѣ. Благодаря такому особенному распредѣленію электричествъ, въ этого рода тѣлахъ ясно замѣчается существованіе напряженій, — они наблюдаются и въ магнитахъ, — напряженій, обусловленныхъ дѣйствіями исключительными. Мы уже говорили, что естественные постоянные магниты получили свои магнитныя свойства, по всей вѣроятности, благодаря ударамъ молній: при посредствѣ эѳирныхъ атомовъ молнія на своемъ пути, конечно, можетъ сообщить молекуламъ намагничивающихся веществъ взаимно противоположныя вихревыя движенія. При помощи электромагнитныхъ машинъ мы можемъ увеличивать чрезвычайно слабые магнитные вихри чисто механическимъ путемъ чуть не безпредѣльно; эти вихри даютъ намъ токъ, который получается тутъ, стало быть, безъ какихъ бы то ни было молекулярныхъ превращеній, путемъ чисто механическимъ. Въ этомъ случаѣ и причины и дѣйствія принадлежатъ всецѣло міру осязаемому. Молекулы въ этихъ процессахъ играютъ только посредственную роль.

2. Міръ осязаемаго.

Сокровенный міръ атомовъ, которымъ мы до сихъ поръ занимались, проявляется въ осязательныхъ формахъ, доступныхъ нашимъ чувствамъ только при дѣйствіяхъ совокупности его силъ. Мы избѣгали атомистическихъ гипотезъ, насколько только это было возможно, но законы, установленные кинетической теоріей газовъ, вполнѣ согласующіяся съ ними явленія осмотическаго давленія въ жидкостяхъ, сжимаемость, упругость и многія другія свойства твердыхъ тѣлъ заставили насъ признать, что матерія представляетъ собой скопленіе мельчайшихъ матеріальныхъ частицъ, которыя вступаютъ другъ съ другомъ въ раз

личныя взаимоотношенія. Изъ совокупности этихъ взаимоотношеній создаются тѣ видимыя и осязаемыя свойства вещества, которыя мы знаемъ по повседневному опыту и лабораторнымъ изслѣдованіямъ. То обстоятельство, что предметы, состоящіе изъ безчисленнаго множества мелкихъ частей, представляются намъ совершенно цѣлостными, является необходимымъ слѣдствіемъ слишкомъ недостаточной тонкости нашихъ чувствъ. Благодаря этому, осязаніе воспринимаетъ давленіе безчисленныхъ атомовъ, колеблющихся внутри молекулъ, въ формѣ давленія нѣкотораго цѣлаго тѣла; это тѣло является однимъ изъ полноправныхъ членовъ бо́льшей системы, совершающихъ на нашихъ глазахъ общее имъ всѣмъ движеніе. Если мы пожелаемъ болѣе подробно изслѣдовать дѣйствія такихъ скопленій матеріи, образующихъ окружающій насъ міръ осязаемаго, то мы должны будемъ примѣнить къ этимъ большимъ системамъ, разумѣется, съ поправками, обусловленными новыми обстоятельствами, тѣ законы, которые, какъ мы нашли, управляютъ системами молекулярными (хотя, собственно говоря, законы эти мы выводимъ путемъ отвлеченія изъ разсмотрѣнія дѣйствій именно этихъ большихъ системъ). Такъ, напримѣръ, для того, чтобы дать себѣ отчетъ о результатѣ столкновенія какого-нибудь камня, который мы будемъ въ данномъ случаѣ для простоты считать стоящимъ внѣ дѣйствія земного притяженія, съ другимъ камнемъ, не разбивающимъ первый на куски, мы должны принимать первый камень за нѣчто цѣлое, недѣлимое. О томъ, что происходитъ при столкновеніи атомовъ, которые, какъ мы предполагаемъ, фактически недѣлимы, мы судимъ лишь на основаніи того, что мы наблюдаемъ въ случаяхъ, подобныхъ только что описанному. Такимъ путемъ создается механика твердаго тѣла и гидравлика. Конечно, основныя положенія механики можно вывести также путемъ чисто математическихъ выкладокъ изъ закона инерціи и изъ закона непроницаемости матеріи. Если два какихъ-нибудь тѣла движутся равномѣрно по опредѣленнымъ направленіямъ, и траекторіи ихъ пересѣкаются, то, зная элементы движенія и форму тѣлъ, мы можемъ въ точности предсказать, какъ будутъ двигаться эти тѣла послѣ столкновенія. Намъ не надо для этого производить никакихъ опытовъ. Всѣ законы механики, законъ параллелограма силъ, условія равновѣсія, законъ центра тяжести, законы рычага и т. д. все это чисто логическія послѣдствія одного и того же закона инерціи. Какими бы свойствами мы матерію ни надѣляли, эти законы механики по отношенію къ ней будутъ всегда сохранять свою силу.

Но только опытъ путемъ постоянныхъ повтореній могъ показать намъ, что законъ инерціи имѣетъ безусловное значеніе: мы должны были убѣдиться, что всѣ явленія представляютъ собой его прямое слѣдствіе. Въ виду этого, всѣ элементарные законы механики, на первый взглядъ, повидимому, совершенно понятные, получаютъ громадное значеніе при объясненіи всѣхъ совершающихся вокругъ насъ процессовъ.

Благодаря этому, мы могли ввести эти законы въ наше изслѣдованіе процессовъ, имѣющихъ мѣсто въ скрытомъ отъ насъ навѣки мірѣ атомовъ, не опасаясь увеличить число неподдающихся прямой опытной провѣркѣ гипотезъ, принимаемыхъ нами за отправную точку. Мало того, мы утверждаемъ, что законы, выведенные изъ разсмотрѣнія отношеній, наблюдаемыхъ въ мірѣ осязаемаго, получаютъ реальное безусловное значеніе именно въ невидимомъ мірѣ атомовъ, потому что онъ удовлетворяетъ требованіямъ безпрепятственности движенія и недѣлимости движущихся тѣлъ. Поэтому въ нашемъ мірѣ осязаемаго законы механики, выведенные путемъ математическихъ выкладокъ, имѣютъ значеніе только условное. Чтобы согласовать простые законы природы съ тѣмъ, что мы вокругъ насъ наблюдаемъ, намъ всегда приходится вносить въ эти законы цѣлый рядъ поправокъ.

Такъ, законы удара тѣлъ осязательной величины, вслѣдствіе того, что такія тѣла болѣе или менѣе упруги, носятъ нѣсколько иной характеръ по сравненію съ тѣми, которые выведены въ предположеніи, что соударяющіяся тѣла абсолютно тверды. Въ самомъ дѣлѣ, при ударѣ молекулы, принимающія въ этомъ процессѣ ближайшее участье, другъ къ другу придвигаются, но вслѣдъ за этимъ тотчасъ

же является и соотвѣтственное противодѣйствiе, и тѣло, которое произвело ударъ, отскакиваетъ назадъ. Если же молекулярныя движенiя послѣ удара не могутъ возстановиться въ прежнихъ своихъ размѣрахъ, то получается теплота, что на самомъ дѣлѣ въ большинствѣ случаевъ мы и наблюдаемъ.

Тѣло называется теплымъ или холоднымъ, въ зависимости отъ получаемыхъ нами ощущенiй, въ зависимости отъ того, будутъ ли его тепловыя колебанiя больше или меньше таковыхъ же колебанiй нашихъ концевыхъ ощущающихъ нервовъ.

Другими словами, тѣло будетъ называться теплымъ въ томъ случаѣ, когда эти концевые нервы подъ влiянiемъ соприкосновенiя съ нимъ или, точнѣе говоря, подъ влiянiемъ его приближенiя прiйдутъ въ бо́льшiя, нежели прежде, колебательныя движенiя; холоднымъ же оно будетъ называться тогда, когда концевые нервы должны будутъ отдавать ему часть своей скрытой энергiи. Тѣ безчисленные удары, которые въ подобныхъ случаяхъ осязающiя конечности нашихъ пальцевъ получаютъ каждую секунду, въ нашемъ сознанiи сливаются въ одно общее ощущенiе теплового раздраженiя. Мы видѣли, до какого совершенства можно довести прiемы точныхъ наблюденiй надъ тепловыми явленiями. Изъ точно такихъ же элементовъ слагаются и раздраженiя свѣтовыя. Въ секунду эѳиръ совершаетъ биллiоны колебанiй, но мы воспринимаемъ ихъ какъ цѣлостное цвѣтовое ощущенiе, при чемъ по характеру ихъ, какъ по характеру ощущенiй тепловыхъ, мы имѣемъ возможность судить и о продолжительности отдѣльныхъ колебанiй. Наконецъ, тотъ же характеръ носятъ и звуковыя ощущенiя, причемъ въ данномъ случаѣ мы можемъ прослѣдить ихъ причину глазомъ, такъ какъ скорость звуковыхъ колебанiй—такого порядка, что при соотвѣтственномъ расположенiи опыта ихъ можно непосредственно видѣть.

Чувства въ связи съ сознанiемъ можно уподобить полководцу, который, слѣдя за передвиженiемъ полковъ, разсматриваетъ ихъ какъ нѣчто цѣлое; такое отношенiе къ нимъ ему необходимо для того, чтобы правильно выбрать для нихъ надлежащее мѣсто; мудрый правитель обращаетъ свое вниманiе при разсмотрѣнiи совершающихся событiй также только на крупное, не разсѣеваясь наблюденiемъ и изслѣдованiемъ всѣхъ мелочей. Каждый отдѣльный человѣкъ является такимъ правителемъ по отношенiю къ матерiи. Каждымъ движенiемъ своей руки онъ совершаетъ вокругъ себя неслыханныя революцiи; мирiады молекулярныхъ мiровыхъ системъ принимаютъ по его желанiю новыя и новыя группировки. Самъ онъ не вѣдаетъ ничего объ этихъ превращенiяхъ, онъ видитъ только измѣненное цѣлое и, разсматривая его, рѣшаетъ выгоднѣе ли для него это новое состоянiе цѣлаго, чѣмъ прежнее, или нѣтъ.

Въ виду этого, онъ старается воздѣйствовать на эти безконечно сложныя мiровыя системы, предоставленныя его произволу. Такимъ образомъ человѣкъ, стремясь къ достиженiю своихъ цѣлей, въ извѣстныхъ предѣлахъ направляетъ ходъ мiрового бытiя и, такъ какъ онъ составляетъ часть природы, то его дѣйствiя могутъ клониться и къ ея пользѣ, если только онъ ищетъ своего блага, разумно стремясь не вредить своему ближнему. Въ этомъ состоитъ идеальный эгоизмъ, черты котораго мы можемъ прослѣдить во всѣхъ областяхъ природы, даже въ природѣ мертвой. Въ мертвой природѣ, какъ и въ живой, идетъ ожесточенная борьба за существованiе, заставляющая отдѣльныя особи подчиняться интересамъ цѣлаго, въ противномъ случаѣ выбрасывающаго ихъ изъ своей среды.

Съ этой болѣе широкой точки зрѣнiя, предъ которой стушевывается сумятица цѣпляющихся другъ за друга атомовъ, мы теперь займемся дальнѣйшимъ разсмотрѣнiемъ устройства природы.

Вглядываясь въ дѣятельность окружающей насъ природы, мы всюду видимъ стремленiе къ образованiю болѣе крупныхъ организацiй, къ образованiю системъ болѣе высокаго порядка. Постепенное охлажденiе земли, которое началось, несомнѣнно, съ первыхъ дней ея созданiя, позволило частямъ матерiи сгруппироваться въ тѣ все болѣе и болѣе сложныя вещества,

свойства которыхъ становились, по мѣрѣ усложненія группировки, все болѣе и болѣе разнообразными, благодаря чему въ дѣлѣ дальнѣйшаго развитія нашей природы они пріобрѣтали все большую и большую цѣнность. Если теплота въ извѣстныхъ предѣлахъ является необходимымъ условіемъ для поддержанія жизни существъ болѣе высокаго порядка, то постепенное охлажденіе, пониженіе температуры является могущественнымъ двигателемъ природы на пути къ ея совершенствованію. При очень высокихъ температурахъ матерія находится въ состояніи газообразномъ, атомы химическихъ элементовъ въ этомъ состояніи сгруппировываются, въ крайнемъ случаѣ, попарно, неодинаковые же элементы въ соединеніе вовсе не вступаютъ. Тотъ матеріалъ, изъ котораго впослѣдствіи могъ быть построенъ міръ со всѣмъ его безконечнымъ разнообразіемъ, міръ, который мы видимъ вокругъ себя, носится тутъ въ хаотическомъ безпорядкѣ въ видѣ отдѣльныхъ частицъ; частицы эти совершаютъ движенія настолько значительныя, что соединиться другъ съ другомъ онѣ еще не могутъ. Лишь по мѣрѣ пониженія температуры онѣ начинаютъ приближаться другъ къ другу и образовывать химическія соединенія, въ началѣ состоящія всего изъ нѣсколькихъ атомовъ, а потомъ превращающіяся во все бо́льшія и бо́льшія молекулы. Но между самими молекулами еще нѣтъ никакой связи: въ газообразномъ тѣлѣ могутъ осуществляться только второстепенныя молекулярныя комбинаціи; ни у насъ, ни въ какой-либо другой части вселенной не можетъ получиться газообразныхъ кристалловъ и, ужъ подавно, газообразныхъ организмовъ. Разумѣется, организмы потребляютъ газы; газы для поддержанія ихъ жизни даже безусловно необходимы, но для выполненія этого назначенія они должны пройти черезъ удивительныя лабораторіи тѣлъ организмовъ и превратиться тамъ въ твердыя или жидкія соединенія.

По мѣрѣ того, какъ уменьшеніе температуры позволяетъ молекуламъ приближаться другъ къ другу еще больше, онѣ начинаютъ образовывать соединенія болѣе высокаго порядка, онѣ даютъ жидкости. Жидкости и представляютъ собой тотъ исходный пунктъ, отъ котораго во всѣ стороны расходятся цѣпи различныхъ физическихъ и химическихъ соединеній.

Если считать студенеобразное состояніе матеріи жидкимъ, то это именно то единственное состояніе, въ которомъ могли возникнуть высшія организаціи, тѣ организаціи, высшимъ представителемъ которыхъ на землѣ на ея современной стадіи развитія является человѣкъ. То, что въ организмахъ уже отвердѣло (древесина, стѣнки клѣтокъ, кости и т. п.), стало безжизненнымъ, потеряло свою чувствительность и служитъ теперь вспомогательнымъ матеріаломъ во всѣхъ тѣхъ многообразныхъ мѣстахъ и путяхъ, въ которыхъ и по которымъ совершается обмѣнъ веществъ и круговоротъ органической жизни. Безъ участія этихъ веществъ жидкости никогда не могли бы стать органическими. Теперь мы уже знаемъ, что въ настоящихъ жидкостяхъ лишь незначительное число молекулъ образуетъ системы болѣе сложныя. Напримѣръ, предполагаютъ, что въ водѣ соединяются въ такія системы группы изъ четырехъ молекулъ. Но эти группы совсѣмъ не мѣшаютъ другъ другу (или, если мѣшаютъ, то весьма слабо,) производить тѣ движенія, которыя онѣ должны выполнять подъ вліяніемъ земного притяженія; вода, какъ всякая другая жидкость, предоставленная сама себѣ, течетъ всегда сверху внизъ. Совершенно не то мы видимъ въ матеріи, находящейся въ состояніи студенеобразномъ. Тамъ отдѣльныя матеріальныя частицы прижаты другъ къ другу не плотнѣе, чѣмъ въ соотвѣтственной жидкости. Тѣмъ не менѣе, тутъ молекулы сохраняютъ другъ относительно друга до извѣстной степени неизмѣнное положеніе, при чемъ въ промежуткахъ между ними можетъ циркулировать та или другая жидкость, и подъ вліяніемъ капиллярныхъ натяженій двигаться по клѣткамъ этой особенной ткани, даже вопреки дѣйствію силы тяжести. Только это студенеобразное состояніе (мы можемъ принять его за ткань изъ кристалловъ молекулярнаго порядка, получающуюся въ видѣ взвѣшенной въ жидкости массы) могло стать матеріальной основой жизнедѣятельности.

Такъ, мы видимъ, что самыя низшія формы живыхъ организмовъ образованы изъ протоплазмы, слизеобразнаго вещества, и единственнымъ органомъ ихъ

для выполненія необходимаго для поддержанія жизни обмѣна веществъ является эта ткань. При посредствѣ ея они всасываютъ необходимыя для ихъ питанія вещества, что происходитъ на подобіе поднятія воды въ капиллярныхъ трубкахъ, а непереваренные остатки съ разложившимися частями ткани своего слизеобразнаго тѣла выбрасываютъ назадъ. Но въ тонкихъ скважинахъ этой ткани въ промежуткѣ между введеніемъ пищи и выдѣленіемъ ея происходитъ рядъ химическихъ процессовъ, которыхъ въ нашихъ лабораторіяхъ воспроизвести немыслимо; для этого необходимо было бы работать съ точно такими же молекулярными сосудами, какіе имѣются въ коллоидальной ткани живой протоплазмы. Что такіе процессы, даже если они совершаются въ наиболѣе просто организованныхъ веществахъ, неизбѣжно должны составлять для насъ глубокую тайну, совершенно ясно; достаточно вспомнить всю необычайную сложность и удивительную закономѣрность въ строеніи молекулъ, соединяющихся для образованія этой ткани.

Протоплазма главнымъ образомъ состоитъ изъ б ѣ л к а, но химическій составъ ея, вѣроятно, болѣе сложенъ. Въ химическую формулу бѣлка входитъ болѣе ста звеньевъ (см. стр. 480) и они соединены другъ съ другомъ настолько замысловато, что установить формулы строенія бѣлка до сихъ поръ не удалось; но онъ отличается той особенностью, что путемъ соотвѣтственныхъ превращеній или возстановленій можно легко получить почти всѣ остальныя органическія соединенія. Разсматривая то же вещество съ механической точки зрѣнія, положенной нами въ основу объясненія совершающихся предъ нами явленій, мы видимъ передъ собой систему, состоящую изъ сотенъ планетныхъ молекулярныхъ системъ, въ составъ которыхъ входитъ только пять различныхъ тѣлъ: четыре органогена и сѣра. Согласно изслѣдованіямъ надъ коллоидальными веществами, приведенными нами на стр. 538, приблизительно 14000 такихъ системъ соединяются и даютъ новую единицу, которую можно назвать к о л л о и д а л ь н о й м о л е к у л о й; изъ этихъ молекулъ опять слагается новая кристаллическая ткань, которой микроскопическимъ путемъ обнаружить все же еще нельзя; въ скважинахъ ея происходятъ тѣ химическіе процессы, которые мы объясняемъ механическими дѣйствіями этихъ атомныхъ системъ на попадающія въ промежутки между ними постороннія вещества. Какъ безконечно просты, по сравненію съ этими проблемами, задачи небесной механики, которыя требовали однако крайняго остроумія выдающихся нашихъ умовъ для того, чтобы довести эту науку до ея современнаго положенія. Но и тутъ даже не всегда мы можемъ точной и простой математической формулой выразить дѣйствіе двухъ движущихся тѣлъ на третье. Т а й н ы п р и р о д ы н а и х ъ п о с л ѣ д н и х ъ с т у п е н я х ъ с к р ы т ы п о в с ю д у в ъ т ѣ х ъ н е п о с т и ж и м о м а л ы х ъ к о л и ч е с т в а х ъ м а т е р і и, которыя построены гораздо сложнѣе, чѣмъ матеріальныя системы, видимыя непосредственно глазомъ. Лишь тогда, когда безконечно малыя дѣйствія соединяются вмѣстѣ и даютъ тѣ болѣе грубыя дѣйствія, которыя уже могутъ быть непосредственно открыты нашими чувствами, мы начинаемъ понимать такія явленія организованной матеріи, какъ механизмъ кровообращенія.

Есть основанія думать, что бѣлокъ при всей своей сложности долженъ былъ предшествовать какому бы то ни было проявленію матеріи и ея дальнѣйшему движенію по пути къ созданію разнообразныхъ и сложныхъ организованныхъ системъ. Э т о п е р в и ч н о е в е щ е с т в о, о с н о в а в с е г о ж и в о г о, э т а п р о т о п л а з м а я в л я е т с я в ъ т о ж е в р е м я п о с в о е м у х и м и ч е с к о м у с о с т а в у н а и б о л ѣ е с л о ж н ы м ъ и з ъ в с ѣ х ъ о р г а н и ч е с к и х ъ с о е д и н е н і й, и изъ этого соединенія можно получить всѣ остальныя. Можно допустить, что въ этомъ случаѣ природа шла другимъ путемъ, чѣмъ въ другихъ процессахъ образованія разнообразныхъ формъ, гдѣ она восходила всегда отъ системъ болѣе простыхъ къ системамъ болѣе сложнымъ. Во всякомъ случаѣ то основное вещество, при посредствѣ котораго остальныя только и могли получиться, обладало составомъ болѣе сложнымъ, нежели эти производныя. Въ настоящее время умѣютъ получать столько разнообразныхъ „продуктовъ возстановленія бѣлка“, что не трудно уже допустить предположеніе о постепенномъ переходѣ протоплазмы, совершенно лишенной орга-

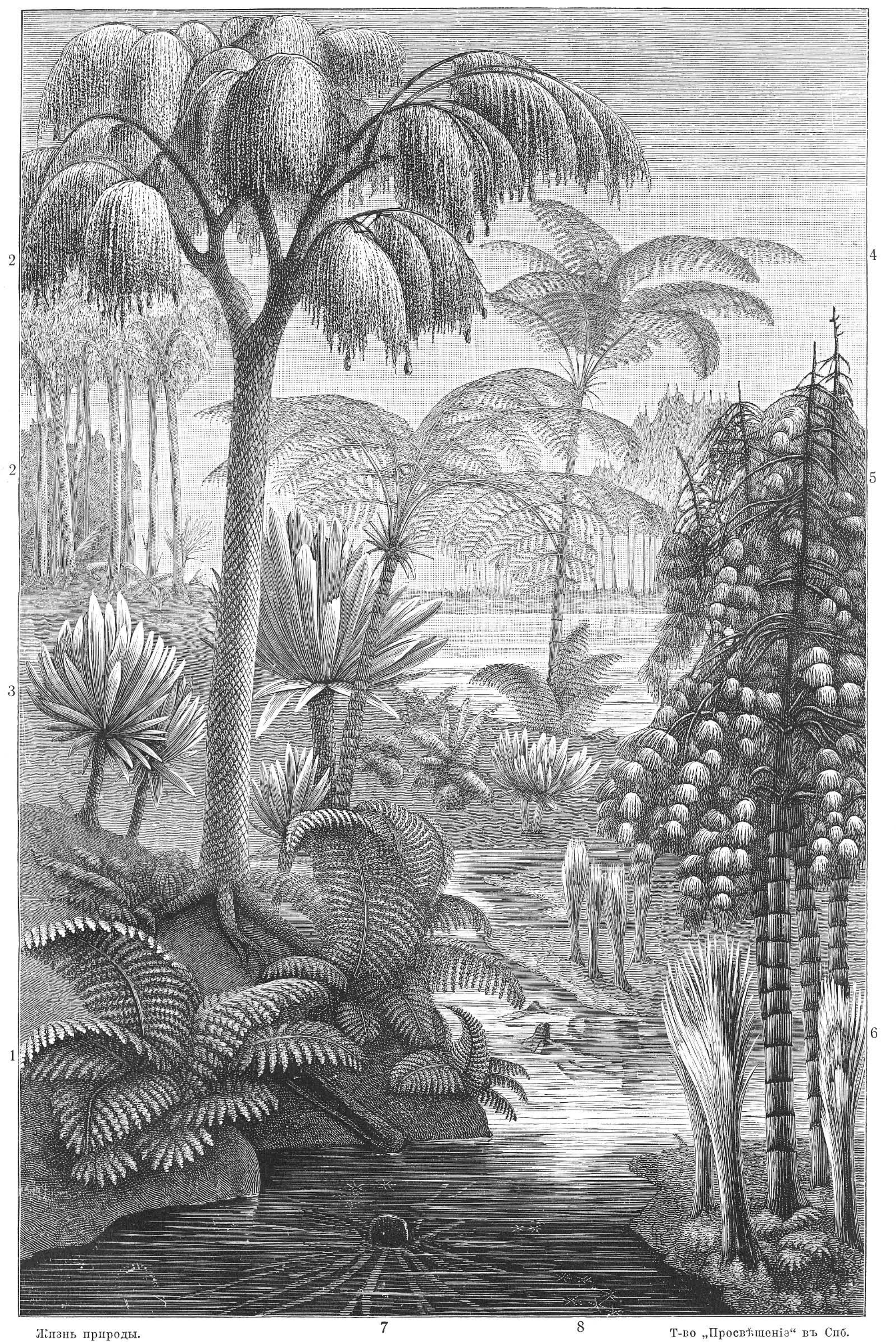
новъ, въ теченіи эволюціи, пережитой землей, въ удивительно построенное человѣческое тѣло.

Мы подошли теперь къ вопросу о происхожденіи жизни на земномъ шарѣ и вообще во вселенной. Какъ извѣстно, существуютъ крайніе „монисты", убѣжденные въ томъ, что нѣкогда всѣ жизненныя явленія возможно будетъ объяснить чисто физическимъ путемъ. Во всякомъ случаѣ все, что мы знаемъ о „мертвой" природѣ, ничуть не противорѣчитъ предположенію, согласно которому разсматриваемыя молекулы пріобрѣли свою сложность, исключительно благодаря дѣйствію химическихъ силъ, которымъ обязаны своимъ возникновеніемъ и всѣ прочія соединенія. Въ настоящее время мы, можетъ быть, весьма недалеки отъ построенія лабораторнымъ путемъ бѣлка, который во времена доисторическія могъ образовываться самостоятельно, а въ настоящее время образуется только въ живыхъ организмахъ. До сихъ поръ однако это сдѣлать еще не удалось. Если особое коллоидальное состояніе бѣлка слѣдовало бы приписать дѣйствительно нѣкоторому кристаллизаціонному процессу, то возможно стало бы и чисто механическое объясненіе перемѣщеній живой протоплазмы, выпячиванія частей въ поискахъ за пищей и другихъ движеній, которыя считаются первыми проявленіями жизнедѣятельности. Ледяные узоры также разрастаются на оконныхъ стеклахъ, и мы часто видимъ вполнѣ ясно, какъ эти красивыя фигуры подвигаются къ предметамъ, которые направляютъ въ свою сторону процессъ кристаллизаціи и ускоряютъ его, повидимому, исключительно благодаря факту своего существованія. Нашихъ представленій о механическихъ процессахъ, имѣющихъ мѣсто при процессѣ кристаллизаціи, для объясненія этого явленія вполнѣ достаточно. Мы можемъ дать механическое толкованіе явленіямъ, совершающимся въ тѣлахъ животныхъ и растеній, во многихъ другихъ гораздо болѣе сложныхъ случаяхъ. Весьма возможно, что въ свое время удастся выяснить весь механизмъ физіологическихъ машинъ вплоть до чувственныхъ ощущеній и мыслительнаго аппарата. Но лично мы стоимъ на другой точкѣ зрѣнія, которую однако теперь отстаивать мы не будемъ. Мы думаемъ, что наше сознаніе и весь міръ мыслей не есть что либо механическое и что ни сознаніе, ни мысли ни въ какомъ случаѣ не могутъ быть сведены на механическія представленія. Тѣло является лишь вмѣстилищемъ сознанія, которое для проявленія себя во-внѣ, должно было до извѣстной степени, такъ сказать, принять его форму. Для этой цѣли намъ и нуженъ механизмъ физіологической машины.

Какъ сообщается сознаніе матеріи, какъ оно въ ней возникаетъ, все это вопросы, на которые человѣческій разумъ отвѣта не далъ и которые во всякомъ случаѣ въ кругъ нашего разсмотрѣнія не входятъ. Другое дѣло процессы чисто физіологическіе: мы должны дать въ нашемъ сочиненіи хотя бы краткій очеркъ этихъ процессовъ, потому что дѣятельность матеріи проявляется въ нихъ въ наиболѣе высокихъ формахъ.

Мы не станемъ разбирать теперь вопроса о происхожденіи протоплазмы. Изслѣдованія доисторическаго состоянія земли показываютъ, что удивительныя физіологическія машины, какъ и всѣ остальныя творенія природы дошли до своего совершенства путемъ послѣдовательныхъ преобразованій самыхъ простыхъ комбинацій; примѣромъ тому можетъ служить наше тѣло. Органъ за органомъ, по мѣрѣ возникновенія потребности въ болѣе высокихъ функціяхъ, въ теченіе многовѣковыхъ періодовъ, появлялись въ нашемъ организмѣ различныя его части, пока, наконецъ, не создалась наша безконечно разнообразная нервная система и клѣтки нашего мыслительнаго аппарата, мозга. Въ нашемъ сочиненіи, составляющемъ лишь одну часть многотомнаго изданія сочиненій по естествознанію „Вся природа", мы не можемъ даже бѣгло прослѣдить многосложный процессъ эволюціи, которому посвящены другіе тома того же изданія.

Съ самаго же начала образовались двѣ вѣтви живыхъ организмовъ, отличныхъ другъ отъ друга по своимъ физіологическимъ функціямъ: растенія и животныя. Доказать на основаніи реальныхъ фактовъ: что растенія явились раньше животныхъ или наоборотъ, мы не можемъ. Скорѣе всего ни та, ни дру-



Жизнь природы. Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

Флора каменноугольнаго періода.

1. Odontopteris. — 2. Лепидодендронъ (Lepidodendron). — 3. Кордаиты (Cordaites borassifolia). — 4. Pecopteris cyathea. — 5. Каламиты. — 6. Сигилляріи. — 7. Корневище сигилляріи въ водѣ. — 8. Аннулярiи.

гая группа организмовъ не была исходной организацiей, а обѣ произошли изъ нѣкоторыхъ „протистовыхъ“ существъ, которыя существовали уже до нихъ и къ низшимъ формамъ которыхъ мы должны причислить тѣ комки протоплазмы, которые встрѣчаются еще до сихъ поръ. По своимъ физiологическимъ отправленiямъ растенiя и животныя отличаются другъ отъ друга кореннымъ образомъ. Для указанiя этой разницы проще всего всѣ безъ исключенiя растенiя назвать химически возстановляющими, то есть дающими кислородъ физiологическими машинами, всѣхъ же животныхъ — машинами окисляющими, кислородъ связывающими. При соотвѣтственномъ подборѣ условiй, въ бѣлкѣ могутъ происходить обѣ химическихъ реакцiи. Протоплазма можетъ дѣйствовать какъ возстановляющимъ, такъ и окисляющимъ образомъ. Бѣлокъ содержится какъ въ растенiяхъ, такъ и въ животныхъ организмахъ. Но функцiи его въ этихъ двухъ случаяхъ неодинаковы. Въ растенiяхъ бѣлокъ содержится въ сравнительно меньшихъ количествахъ, нежели въ животныхъ. Химическое строенiе частей растенiя гораздо проще строенiя животныхъ тканей, потому что животныя для построенiя своего тѣла и поддержанiя въ немъ жизни требуютъ именно тѣхъ молекулъ, которыя образуются въ растенiяхъ. Изъ мертвой природы тѣло животнаго органически не усваиваетъ ни одной молекулы. Такимъ образомъ животныя для переработки сырой матерiи въ ихъ тѣло безусловно нуждаются въ растенiяхъ.

Напротивъ того, растенiя могутъ обойтись совершенно безъ животныхъ. Если окружающiй ихъ воздухъ содержитъ достаточное количество углекислоты и имѣются соотвѣтственныя внѣшнiя физическiя условiя, напримѣръ, свѣтъ и теплота, то растенiя пышно разрастаются, хотя бы подъ кровомъ ихъ зеленѣющей листвы не паслось ни одного животнаго.

Поэтому мы видимъ, что въ доисторическiя времена, какъ только появившаяся суша сдѣлала возможнымъ произрастанiе, пышнымъ цвѣтомъ распустился растительный мiръ, все великолѣпiе котораго мы теперь врядъ ли даже въ состоянiи себѣ представить; за то мiръ животныхъ на сушѣ былъ представленъ лишь нѣсколькими формами,—по большей части, насѣкомыми, жившими на растенiяхъ, выдыхающихъ кислородъ. Таинственная химическая работа хлорофилла производила свое могучее очищающее дѣйствiе на атмосферу, давая народившемуся мiру животныхъ необходимый кислородъ, а другую часть расщепленной углекислоты, уголь, отлагая для насъ. Эти залежи каменнаго и бураго угля, въ тѣ времена неиспользованныя, представляютъ въ наше время огромные запасы энергiи (см. рисунокъ на стр. 595).

Въ настоящее время растенiя также зависятъ отъ животныхъ; это объясняется тѣмъ, что запасъ угольной кислоты въ атмосферѣ, благодаря слишкомъ пышному произрастанiю растенiй, постепенно истощался, воздухъ становился кислородомъ все богаче и богаче, и, благодаря этому, животный мiръ могъ начать развиваться сильнѣе. Мы видимъ, что послѣ короткаго промежутка общаго обѣднѣнiя, въ такъ называемый пермскiй перiодъ, появляются гигантскiя животныя юрской эпохи, гигантскiе ящеры, своимъ дыханiемъ дававшiе растенiямъ необходимую имъ угольную кислоту. Съ тѣхъ поръ отношенiе между мiромъ животныхъ и мiромъ растенiй уравновѣсилось настолько, что въ воздухѣ ни въ содержанiи кислорода, ни въ содержанiи углекислоты сколько-нибудь замѣтныхъ измѣненiй усмотрѣть нельзя. Но кислородъ воздуха идетъ также на тѣ химическiе процессы, которые совершаются повсюду въ природѣ мертвой. Мы видимъ повсюду процессы окисленiя, и только одни растенiя обладаютъ тайной превращенiя перегорѣвшихъ веществъ въ сгараемыя. Поэтому еще въ теченiе долгаго времени послѣ того, какъ воздухъ начнетъ бѣднѣть кислородомъ, они будутъ чутко стоять на сторожѣ интересовъ сохраненiя жизни животныхъ.

Постоянный обмѣнъ веществъ въ растенiяхъ и въ животныхъ на всѣхъ ступеняхъ развитiя этихъ обоихъ классовъ носитъ въ сущности одинъ и тотъ же характеръ. Развѣтвляются, усложняются, совершенствуются только органы, что происходитъ въ связи съ усложненiемъ характера жизнедѣятельности того или

другого организма. Но въ какомъ бы разнообразіи ни выливались формы жизни, въ физіологическихъ процессахъ мы встрѣчаемъ всегда однѣ и тѣ же закономѣрности, которыя разбиваются на два рѣзко отличающіеся другъ отъ друга класса.

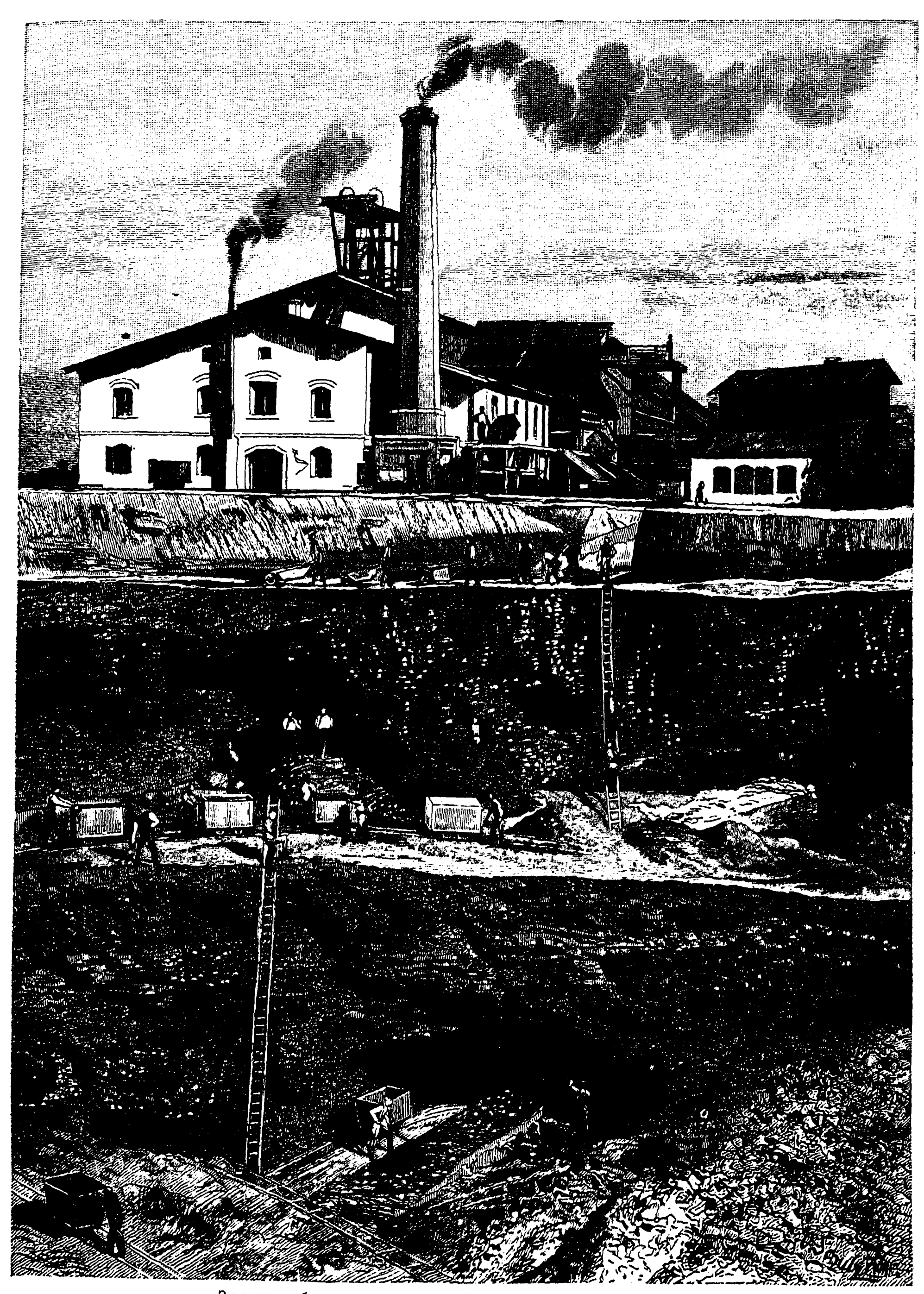
Обратимся сначала къ растеніямъ и разсмотримъ низшія ихъ ступени, на которыхъ признаки, отличающіе растенія отъ животныхъ, часто недостаточно ясно выражены. Такимъ образомъ, подъ растеніемъ мы будемъ подразумѣвать такой организмъ, корни котораго находятся въ землѣ, а вѣтви—въ воздухѣ на свѣту. Мы видимъ, что такое растеніе отъ корней до самаго верху прорѣзано системой каналовъ, которые наверху и внизу оканчиваются тончайшими волосными трубочками. Во многихъ мѣстахъ эти каналы поперечными стѣнками раздѣлены на отдѣльныя, слѣдующія одна за другой клѣтки. Всѣ стѣнки этихъ каналовъ и клѣтокъ построены изъ клѣтчатки, нерастворимаго въ водѣ вещества, которая имѣетъ совершенно тотъ же химическій составъ, что и крахмалъ, $C_6H_{10}O_5$; но молекулярная группировка у ней другая и потому получается волокнистая совершенно нерастворимая ткань. Сквозь промежутки, остающіеся между элементами этой ткани, при помощи осмотическаго давленія могутъ проходить различныя растворимыя вещества, молекулы которыхъ не превосходятъ нѣкоторой опредѣленной величины. Благодаря этому, корень всасываетъ изъ окружающей его среды растворенныя въ водѣ минеральныя вещества (процессъ этотъ съ физической стороны вполнѣ объясненъ); при этомъ выбираются только нѣкоторыя опредѣленныя вещества, что обусловливается каждый разъ характеромъ ткани, изъ которой построены стѣнки корня, то есть родомъ самого растенія. Каждое растеніе беретъ изъ окружающей его почвы только тѣ вещества, которыя требуются для его питанія. Если въ почвѣ такихъ веществъ нѣтъ, оно не можетъ на ней произрастать, но какое-нибудь другое растеніе можетъ на той же почвѣ расти прекрасно; растенія въ этомъ отношеніи приспособляются къ почвѣ весьма незначительно.

Замѣчено однако, что растенія, нуждающіяся въ каліи, по близости отъ морского берега, гдѣ въ изобиліи имѣется натрій въ формѣ морской соли, могутъ замѣнить необходимый имъ калій натріемъ; такъ что и въ данномъ случаѣ проявляется сходство обоихъ легкихъ металловъ.

Впрочемъ, минеральныхъ веществъ растенія потребляютъ лишь въ чрезвычайно малыхъ количествахъ. Большое значеніе какъ въ мірѣ растеній, такъ и въ мірѣ животныхъ имѣетъ вода, которая въ качествѣ растворителя пропитываетъ всю клѣточную ткань. Въ различныхъ частяхъ растеній это содержаніе воды, разумѣется, неодинаково. Въ мягкихъ клѣточныхъ тканяхъ содержаніе воды можетъ доходить до 90 процентовъ, остальное составляетъ твердое вещество, въ твердомъ деревѣ воды всего лишь около 15 процентовъ. Эти твердыя части состоятъ по большей части изъ соединеній органогеновъ, а именно изъ углеродистыхъ соединеній. При полномъ сгораніи всѣ органогены улетучиваются въ формѣ газовъ: углеродъ соединяется съ кислородомъ и даетъ углекислоту, водородъ даетъ въ соединеніи съ кислородомъ водяной паръ и, наконецъ, содержащійся въ растеніяхъ въ незначительныхъ количествахъ азотъ превращается въ азотную кислоту.

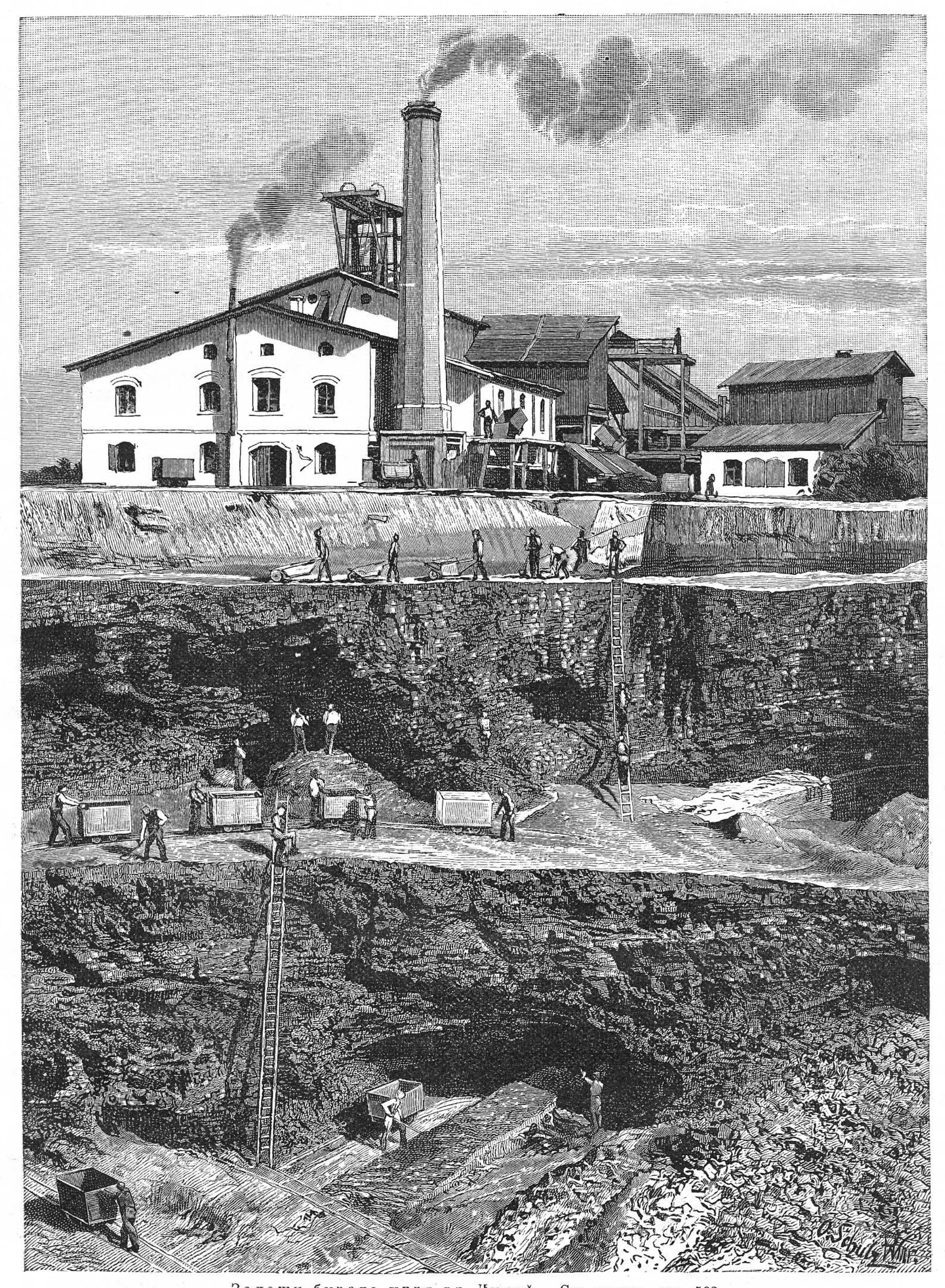
Остающаяся зола вѣситъ, по сравненію съ живымъ растеніемъ, чрезвычайно мало; вѣсъ ея составляетъ лишь нѣсколько процентовъ первоначальнаго вѣса растенія; это извѣстно каждому по золѣ, получающейся отъ сгаранія дровъ въ печахъ. Въ золѣ мы находимъ, въ зависимости отъ рода взятаго растенія, легкіе металлы: натрій, калій, кальцій, магній; въ рѣдкихъ случаяхъ также и алюминій. Изъ тяжелыхъ металловъ мы встрѣчаемъ въ растеніяхъ лишь желѣзо, да еще марганецъ, слѣды котораго открыты въ немногихъ растеніяхъ. Кромѣ того, въ нѣкоторыхъ растеніяхъ найдены незначительныя количества сѣры, фосфора, хлора, въ водоросляхъ встрѣчаются бромъ и іодъ, очень рѣдко фторъ и кремній. Такимъ образомъ при построеніи тканей растеній и особенно тканей животныхъ замѣтное участіе принимаетъ лишь очень незначительное число химическихъ элементовъ.

Выборъ веществъ, производимый различными растеніями, протекаетъ благодаря дѣйствію своеобразныхъ процессовъ, которые не могутъ быть



Залежи бураго угля въ Дуксѣ. См. текстъ, стр. 593.

объяснены однимъ осмотическимъ давленіемъ. Скорѣе тутъ надо предполагать наличность процессовъ кристаллизаціи; элементы, содержащіеся въ сѣменахъ, росткахъ и корняхъ, притягиваютъ къ себѣ подобныя имъ вещества; мы видали, что кристаллы изъ растворовъ различныхъ веществъ притягиваютъ къ себѣ молекулы веществъ лишь химически съ ними сходныхъ и, благодаря этому, увеличиваются и



Залежи бураго угля въ Duxѣ. См. текстъ, стр. 593.

объяснены однимъ осмотическимъ давленіемъ. Скорѣе тутъ надо предполагать наличность процессовъ кристаллизаціи; элементы, содержащіеся въ сѣменахъ, росткахъ и корняхъ, притягиваютъ къ себѣ подобныя имъ вещества; мы видали, что кристаллы изъ растворовъ различныхъ веществъ притягиваютъ къ себѣ молекулы веществъ лишь химически съ ними сходныхъ и, благодаря этому, увеличиваются и

растутъ; то же самое происходитъ и въ растеніяхъ. Различные виды растеній, произрастающихъ на одной и той же почвѣ, впитываютъ въ себя различныя необходимыя для нихъ вещества, одни въ большемъ, другія въ меньшемъ количествѣ, но всегда въ опредѣленномъ отношеніи другъ къ другу. Кернеръ въ своей „Жизни растеній" приводитъ результаты анализовъ золы четырехъ различныхъ растеній, живущихъ рядомъ въ одномъ и томъ же прудѣ; анализъ даетъ въ процентахъ содержаніе въ нихъ ѣдкаго натра, извести и кремнезема въ лучицѣ, водяной лиліи, осокѣ и тростникѣ см. рис. на стр. 597.

	Осока.	Водяная лилія.	Лучица.	Тростникъ.
Ѣдкій кали . . .	30,82	14,4	0,2	8,6
Ѣдкій натръ	2,7	29,66	0,1	0,4
Известь	10,7	18,9	54,8	5,9
Кремнеземъ	1,8	0,5	0,3	71,5

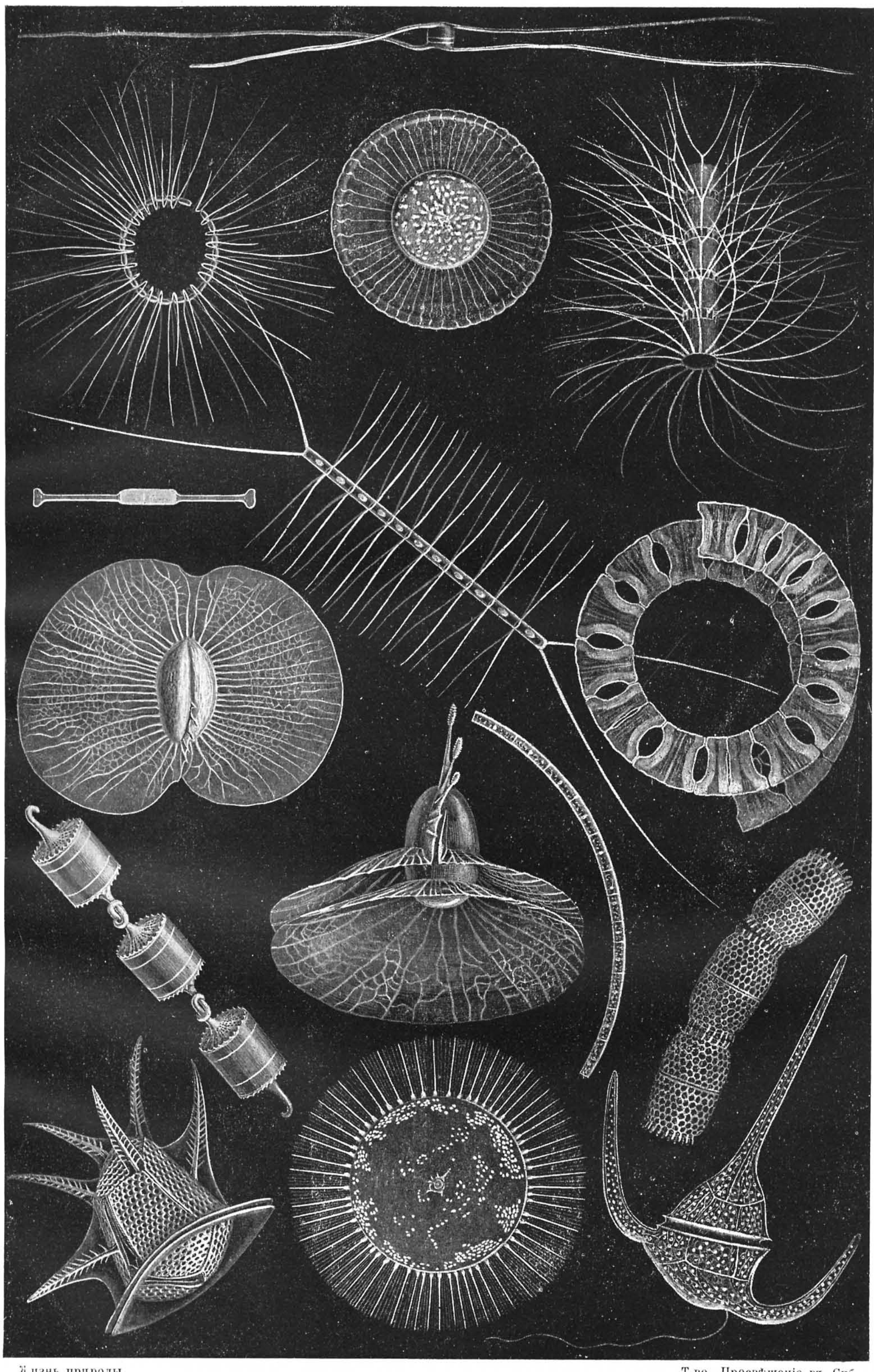
Осока требуетъ главнымъ образомъ калія, водяная лилія—натрія, лучица почти не требуетъ ни того, ни другого, зато употребляетъ много кальція, тростникъ содержитъ въ себѣ значительное количество кремнекислоты, изъ которой строитъ панцырь своего стебля. Три прочихъ растенія кремнія почти не употребляютъ, строя свои покровы, главнымъ образомъ, изъ извести. Такимъ образомъ растенія, не смотря на то, что указанныя минеральныя вещества содержатся въ окружающей ихъ почвѣ и пропитывающей ее водѣ въ совершенно другихъ отношеніяхъ, выбираютъ среди имѣющихся въ ихъ распоряженіи веществъ одни въ большемъ количествѣ, другія—въ меньшемъ. Оказывается, что растеніе въ большинствѣ случаевъ впитываетъ въ себя какъ разъ то вещество, которое содержится въ почвѣ въ едва замѣтныхъ количествахъ. Зола водяной лиліи состоитъ, какъ видно изъ приведенной таблицы, почти на одну треть изъ поваренной соли, между тѣмъ какъ въ водѣ и илѣ, изъ которыхъ растеніе брало свои питательныя вещества, содержится всего лишь 0,01—0,03 процента этой соли. Извѣстно, что морскія водоросли діатомеи, плавающія въ зеленомъ растительномъ покровѣ (планктонъ) на поверхности нашихъ морей (см. стр. 417), по своимъ физіологическимъ особенностямъ должны быть причислены къ растеніямъ; умершія діатомеи погружаются въ воду, гдѣ онѣ доставляютъ животнымъ, живущимъ въ океанѣ, необходимую имъ растительную пищу; ихъ необыкновенно красивые панцыри, построенные изъ кремнезема, опускаются на морское дно, образуя тамъ морской илъ (см. приложеніе „Кремнеземъ въ органическомъ мірѣ"). Такимъ образомъ эти низшія растенія извлекаютъ огромныя количества кремнекислоты изъ морской воды, въ которой содержатся лишь слѣды этого соединенія.

Водоросли, плавающія въ Сѣверномъ морѣ, заключаютъ въ себѣ значительныя количества іода, хотя въ водѣ Сѣвернаго моря, присутствіе этого элемента не обнаружено.

Мы уже готовы допустить, что растенія производятъ такого рода анализы, при которыхъ расщепляются даже вещества, принимаемыя химиками за элементы, или что они образуютъ соединенія, при которыхъ изъ одного элемента получается элементъ съ нимъ сходный, скажемъ, изъ хлора получается почти въ четыре раза болѣе тяжелый іодъ. Во всякомъ случаѣ химическіе процессы, имѣющіе мѣсто уже при введеніи въ организмъ питательныхъ веществъ, по большей части, неразгаданы.

Питательныя вещества содержатся въ почвѣ въ формѣ солей, стало быть, въ соединеніи съ кислородомъ, а именно въ видѣ солей сѣрнокислыхъ, фосфорнокислыхъ, углекислыхъ и азотнокислыхъ.

Выдѣленіе изъ этихъ солей кислорода лабораторнымъ путемъ представляет значительныя трудности. Въ растеніи же это расщепленіе совершается въ системѣ волосныхъ трубочекъ сразу, и при томъ только въ этой системѣ. Если растеніе для построенія своихъ тканей требуетъ калія или какого-либо другого элемента, оно можетъ извлечь его изъ любого химическаго соединенія, содержащаго нужный элементъ; характеръ соединенія не играетъ тутъ никакой роли, надо только, чтобы этотъ элементъ содержался въ той или другой формѣ въ



Жизнь природы. Т-во „Просвѣщеніе въ Спб

Кремнеземъ въ органическомъ мірѣ.

(Морскія водоросли.)

почвѣ: растенiе разорветъ связь между отдѣльными частями такого соединенiя и возьметъ ту часть, которая ей нужна. Необходимо только, чтобы такого рода потребныя для растенiя соединенiя были растворены въ водѣ, содержались въ ней хотя бы даже въ самыхъ ничтожныхъ количествахъ, потому что растенiе можетъ впитать ихъ только въ этой формѣ. Раздѣленiе соединенiй на составныя части происходитъ лишь въ самомъ тѣлѣ растенiя, до извѣстной степени оно подготовляется уже въ тонкихъ развѣтвленiяхъ. Послѣ того какъ сокъ подготовленъ надлежащимъ образомъ разлагающимъ дѣйствiемъ этого органа, силой осмотическаго давленiя онъ доставляется по системѣ большихъ каналовъ въ различныя части растенiя, находящiяся на внѣшней поверхности его, напримѣръ, въ развѣтвленiя жилокъ въ листьяхъ, и тамъ подъ влiянiемъ свѣта претерпѣваетъ дальнѣйшiя превращенiя.



Сожительство различныхъ водяныхъ растенiй, требующихъ неодинаковыхъ питательныхъ веществъ. a Осока, b водяная лилiя, c лучица, d тростникъ. См. текстъ, стр. 596.

Минеральныя вещества, усваиваемыя растенiемъ, имѣютъ различное назначенiе. Изъ извести и кремнекислоты строится твердый остовъ растенiя, его скелетъ, обладающiй весьма значительной прочностью. Если осторожно прокаливать траву, хвощъ и т. п., скелетъ которыхъ образованъ изъ кремнекислоты, то этотъ скелетъ получится въ совершенно неизмѣненномъ видѣ и по формѣ будетъ точно передавать взятое нами растенiе. Сѣра входитъ въ составъ молекулы бѣлка. Бѣлокъ содержится въ растенiяхъ въ самыхъ незначительныхъ количествахъ, по большей части, въ сѣменахъ ихъ. Такiя вещества, какъ калiй, фосфоръ, желѣзо, прямого значенiя для построенiя растенiй не имѣютъ; они, повидимому, играютъ роль посредствующаго звена, образуя промежуточныя соединенiя, которыя въ свою очередь преобразовываются въ новыя соединенiя. Повидимому, въ образованiи крахмала участвуетъ калiй, въ образованiи хлорофилла—желѣзо. Но ни калiй, ни желѣзо въ составъ этихъ органическихъ веществъ не входятъ. Фосфоръ, кромѣ того, способствуетъ введенiю необходимыхъ веществъ: фосфорная кислота въ водѣ растворима. Въ формѣ такихъ фосфорнокислыхъ солей эти вещества доставляются тѣмъ частямъ растенiя, для которыхъ они необходимы. Тутъ фосфоръ отъ нихъ отдѣляется; они остаются, а онъ выдѣляется изъ тѣла.

Но всѣ эти минеральныя вещества, по сравненiю съ четырьмя органогенами, углеродомъ, водородомъ, кислородомъ и азотомъ, составляющими основу



Сожительство различныхъ водяныхъ растеній, требующихъ неодинаковыхъ питательныхъ веществъ. a Осока, b водяная лилія, c лучица, d тростникъ. См. текстъ, стр. 596.

растительныхъ тканей, играютъ роль второстепенную. Мы различаемъ три большихъ группы органическихъ соединеній: собственно углеводы, какъ крахмалъ, клѣтчатка и сахаръ, жиры и бѣлковыя вещества, къ числу которыхъ слѣдуетъ причислить и хлорофиллъ.

Главной составной частью является соединеніе $C_6H_{10}O_5$ въ обоихъ его видоизмѣненіяхъ, то есть въ формѣ крахмала и въ формѣ клѣтчатки. Крахмалъ образуется путемъ процесса, сущность котораго не выяснена: процессъ этотъ происходитъ на свѣту при участьи хлорофилла. Крахмалъ представляетъ собой основу питанія всѣхъ организмовъ; поэтому ростъ всего органическаго міра возможенъ только при образованіи достаточныхъ количествъ крахмала. Точно также мы до сихъ поръ совершенно не знаемъ, какимъ образомъ крахмалъ превращается безъ участія какихъ бы то ни было другихъ веществъ въ нерасвторимую и, стало быть, неперевариваемую клѣтчатку, эту основу растительныхъ тканей, въ древесину. Если бъ мы понимали таинственный процессъ перехода въ природѣ крахмала въ дерево, мы овладѣли бы и обратнымъ процессомъ; мы могли бы дѣлать изъ дерева крахмалъ, муку, хлѣбъ; если бъ намъ удалось растворить дерево въ водѣ, подобно тому, какъ это происходитъ въ растеніи, мы могли бы питаться дешевымъ деревомъ и замѣнить имъ самый лучшій хлѣбъ. Химики прилагаютъ всѣ старанія къ разрѣшенію этой задачи, обѣщающей человѣчеству значительное облегченіе тяготъ жизни, и есть основанія думать, что наступленія этого времени совсѣмъ не такъ долго ждать.

Процессъ преобразованія клѣтчатки, которая въ началѣ, подобно крахмалу, состоитъ изъ отдѣльныхъ другъ отъ друга независящихъ зернышекъ, въ тѣло растенія представляетъ, разумѣется, зрѣлище удивительное; но мы считаемъ этотъ процессъ ничуть не болѣе удивительнымъ, чѣмъ образованіе знакомыхъ уже намъ многосложныхъ молекулярныхъ системъ; то время, когда полученіе ихъ будетъ объяснено при помощи простыхъ законовъ механики, конечно, еще далеко, но объяснено оно будетъ. Распусканіе симметрично построенной чашечки цвѣтка въ сущности ничуть не удивительнѣе образованія ледяныхъ узоровъ на окнахъ. На основаніи работъ по физіологіи растеній можно съ достаточной увѣренностью предполагать, что ростъ растеній и всѣ прочія жизненныя ихъ отправленія нѣкогда будутъ объяснены на основаніи чисто механическихъ представленій. Таинственный покровъ .снятъ уже съ цѣлаго ряда такого рода явленій.

Въ нѣкоторыхъ частяхъ растеній, имѣющихъ особенное устройство, органогены образуютъ болѣе сложныя соединенія, чѣмъ, напримѣръ, въ покрытыхъ развѣтвленіями жилокъ поверхностяхъ листьевъ, имѣющихъ назначеніе вырабатывать главную составную часть растительной ткани, крахмалъ. Присутствіемъ такихъ соединеній обусловливаются особыя свойства растеній: запахъ ихъ цвѣтовъ или сока, ихъ цвѣтъ, вкусъ ихъ плодовъ. Мы познакомились съ химическимъ составомъ нѣкоторыхъ изъ нихъ уже при разсмотрѣніи органическихъ соединеній (стр. 463); мы видѣли, что они получаются либо путемъ прибавленія къ составнымъ частямъ растенія новыхъ органогенныхъ атомовъ, либо просто путемъ преобразованія соотвѣтственныхъ, содержащихся въ растеніи молекулъ. При полученіи такихъ соединеній кислородъ всегда выдѣляется, что во многихъ случаяхъ можно тотчасъ же замѣтить. Фрукты, пока не созрѣютъ, имѣютъ кислый вкусъ, но, по мѣрѣ созрѣванія, содержаніе въ нихъ сахара мало-по-малу увеличивается. Изъ первоначально образующихся органическихъ кислотъ, яблочной, винной и т. п., понемногу выдѣляется кислорода все больше и больше. Вмѣсто группъ $COOH$, характерныхъ для органическихъ кислотъ, въ нашихъ соединеніяхъ получаются группы CH_2O — группы углеводныя, и изъ кислотъ образуются крахмалъ и сахаръ. При образованіи кислотъ въ растеніяхъ, процессъ этотъ пріобрѣтаеъ такой характеръ, что продукты, которые принимаютъ въ немъ участье, даютъ всегда больше свободныхъ кислородныхъ атомовъ, чѣмъ это нужно для полученія той или другой кислоты. Такъ, напримѣръ, для образованія щавелевой кислоты требуется двѣ молекулы углекислоты, $2CO_2$, и

одна молекула воды, H_2O, что составляетъ вмѣстѣ 2C, 5O и 2H. Формула щавелевой кислоты—$C_2H_2O_4$; итакъ остается лишній кислородный атомъ, который можетъ быть выдѣленъ въ теченіе совершающагося въ организмѣ процесса либо изъ углекислоты, либо изъ воды. Щавелевая кислота является наиболѣе кислымъ изъ встрѣчающихся въ растеніяхъ соединеній: при образованіи другихъ соединеній освобождается кислородныхъ атомовъ еще больше.

Изъ всѣхъ физіологическихъ процессовъ, происходящихъ въ растеніяхъ, наибольшее количество кислорода даетъ процессъ дыханія. Въ нашемъ сочиненіи намъ приходилось о немъ упоминать уже не разъ. Дышатъ всѣ части растеній, даже тѣ, которыя не находятся въ прямомъ соприкосновеніи съ воздухомъ, какъ, напримѣръ, корни. Но этотъ процессъ протекаетъ въ различныхъ частяхъ растеній далеко не одинаково. Мы знаемъ, что изъ воздуха растеніе беретъ, всасываетъ въ себя только углекислоту, содержащуюся тамъ лишь въ весьма незначительныхъ количествахъ, главныя же составныя части воздуха, азотъ и кислородъ остаются нетронутыми. Такое выдѣленіе отдѣльныхъ частей осуществимо только въ растеніяхъ, которыя вбираютъ въ себя воздухъ не черезъ открытые каналы, какъ животныя, а прямо при помощи волосныхъ отверстій, всегда служащихъ растеніямъ воспринимающимъ пищу аппаратомъ. Подъ вліяніемъ хлорофилла углекислота распадается на уголь и кислородъ. Этотъ уголь снова переводится въ углеводы, въ крахмалъ и т. п., которые разносятся потомъ по всему растенію, увеличивая его тѣло; кислородъ же освобождается, выдыхается. При раздѣленіи углекислоты на части, теплота переходитъ въ скрытое состояніе; это процессъ возстановленія. Съ этой теплотой связана равнозначущая ей работа, которая превращена тутъ во внутреннее напряженіе, въ потенціальную энергію. Такъ что выдыханіе кислорода ничуть не способствуетъ растенію въ его созидательной работѣ. Для того, чтобы растеніе могло дальше работать въ этомъ направленіи, необходимо присоединить новое количество кислорода, и при помощи такого процесса окисленія освободить теплоту. Такимъ образомъ бокъ о бокъ съ процессомъ выдѣленія кислорода идетъ другой процессъ, правда, значительно болѣе слабый, процессъ потребленія кислорода: въ растеніи въ одно и то же время совершаются два взаимно противоположныхъ процесса. А именно, какъ только лучи солнца перестаютъ оказывать свое дѣйствіе, хлорофиллъ теряетъ свою способность разлагать соединенія, и кислородъ начинаетъ потребляться въ бóльшихъ количествахъ; ночью растенія дышатъ совершенно, какъ животныя, вдыхая кислородъ и выдыхая углекислоту; тотъ же процессъ совершается въ корняхъ все время: они берутъ кислородъ изъ почвеннаго воздуха. Если изъ почвы воздухъ удалить или замѣнить его другими газами, то растеніе погибаетъ совершенно такъ же, какъ тогда, когда лишена доступа воздуха наружная его часть. Это часто приходится наблюдать: деревья въ тѣхъ городахъ, гдѣ почва содержитъ большія количества свѣтильнаго газа, погибаютъ.

Разсматривая процессъ усвоенія неорганическихъ веществъ растеніемъ, этотъ наиболѣе важный для насъ круговоротъ матеріи, мы видимъ, что онъ всюду протекаетъ почти одинаково и въ однородныхъ органахъ. Сосудистая система растенія развѣтвляется въ верхней и нижней своей части на множество капиллярныхъ сосудовъ (волосныхъ трубочекъ), при помощи которыхъ всасываются и тотчасъ же претерпѣваютъ соотвѣтственныя химическія превращенія растворенныя въ водѣ или газообразныя неорганическія вещества. Можно подумать, что въ тонкихъ просвѣтахъ клѣточной ткани происходитъ своего рода просѣиваніе: выдѣленные атомы могутъ вступать другъ съ другомъ въ соединеніе и образовывать органическія молекулярныя системы лишь въ этихъ узкихъ микроскопическихъ промежуткахъ между клѣтками; что внѣ этихъ капиллярныхъ сосудовъ, тамъ, гдѣ атомы могутъ перемѣщаться болѣе свободно, уже такихъ системъ получиться не можетъ. Только тутъ, только въ этихъ волосныхъ трубочкахъ матерія переступаетъ за порогъ жизни и можетъ принять участіе въ построеніи тѣхъ удивительныхъ организмовъ, въ которыхъ она можетъ начать познавать себя и пріобрѣсти способность прожить хоть нѣсколько ступеней безконечнаго міроваго бытія.

Но для того, чтобы подняться на эту высоту, необходимо предварительно создать рядъ новыхъ органическихъ приспособленій. Когда способность ощущать раздраженія, радость или боль, которой въ извѣстной степени надѣлены уже растенія, переходитъ, развиваясь далѣе, въ настоящее сознаніе, организмъ долженъ получить возможность произвольно перемѣщаться. Тогда онъ будетъ имѣть возможность одно раздраженіе усиливать, другое уменьшать; это позволитъ такому организму расширить его умственный кругозоръ и придать чувствамъ бо̀льшую остроту. Для осуществленія такого рода способности къ свободнымъ перемѣщеніямъ требуются машины совершенно иного устройства, не говоря уже о чисто механическихъ приспособленіяхъ, необходимыхъ для такихъ движеній. Машины животныхъ должны производить работу, подымать грузы, машины растеній — переводить работу въ связанное состояніе, накоплять энергію. Животныя машины потребляютъ горючій матеріалъ, растительныя — его доставляютъ. Такъ могъ развиться круговоротъ обоихъ родовъ энергіи; въ немъ участвуютъ оба класса организмовъ; онъ показываетъ, что между растеніями и животными происходитъ постоянный обмѣнъ. Животныя получаютъ весь свой горючій матеріалъ, если не считать кислорода (который они берутъ изъ воздуха, куда онъ поступаетъ отчасти благодаря жизнедѣятельности растеній), и выпиваемой ими воды, исключительно изъ растеній. Ни одинъ минеральный продуктъ не можетъ быть усвоенъ тѣломъ животнаго непосредственно. Исключеніемъ до извѣстной степени является поваренная соль, но и то она служитъ не питательнымъ средствомъ, а приправой, способствующей пищеваренію; всѣ остальныя минеральныя вещества либо совсѣмъ не дѣйствуютъ на животные организмы, либо для нихъ вредны. Растенія въ ходѣ развитія оживленной матеріи представляютъ первую стадію: они подготовляютъ неживое вещество къ усвоенію его болѣе высокими ступенями организмовъ, животными.

Въ виду этого въ животныхъ мы можемъ встрѣтить только тѣ минеральныя вещества, которыя содержатся въ растеніяхъ. Соотношеніе между вѣсомъ этихъ веществъ, количествомъ твердыхъ веществъ и количествомъ воды въ животныхъ и въ растеніяхъ почти одно и то же. Разумѣется, скелетъ животныхъ долженъ быть построенъ прочнѣе: животныя должны при ихъ болѣе сложныхъ отправленіяхъ обладать необходимой стойкостью. Вслѣдствіе этого въ человѣческомъ тѣлѣ изъ приблизительно 20 процентовъ твердыхъ веществъ 19 процентовъ приходится на кости. Въ остальныхъ частяхъ человѣческаго тѣла, если отнять вѣсъ воды, минеральныя вещества составляютъ всего 1 процентъ.

Такъ какъ выборъ воспринимаемыхъ животными и подлежащихъ переработкѣ тѣлъ происходитъ уже въ растеніяхъ, то процессъ усвоенія ихъ животными какъ будто упрощается; но животные организмы имѣютъ, по сравненію съ растеніями, рядъ новыхъ функцій, которыя требуютъ отъ воспринимаемыхъ ими веществъ образованія болѣе разнородныхъ соединеній, и потому эти организмы должны быть построены гораздо сложнѣе растительныхъ.

Прослѣдимъ теперь болѣе подробно путь, проходимый матеріей въ тѣлѣ животнаго, и испытываемыя ею превращенія на нашемъ собственномъ организмѣ.

Растенія воспринимаютъ при посредствѣ милліоновъ невидимыхъ мельчайшихъ отверстій пищу непрерывно; превращенія введенной пищи, ея распредѣленіе по организму и выдѣленіе ея составляютъ одинъ и тотъ же круговоротъ; животныя отобранную для нихъ заранѣе пищу могутъ вводить въ большихъ количествахъ, то есть увеличить промежутокъ между моментами кормленія, что отвѣчаетъ ихъ потребности въ движеніи и выигрышѣ времени, обусловленной высшими цѣлями. Итакъ, въ животномъ организмѣ образуется прежде всего непрерывный, проходящій черезъ все тѣло каналъ, по которому проходитъ вся пища съ момента введенія до момента выдѣленія непригодныхъ частей; черезъ нее же въ тѣло переходятъ питательныя части. Къ этой системѣ пищеварительныхъ трубокъ примыкаетъ другая замкнутая въ организмѣ система, назначеніе кото-

рой поддерживать питаніе всѣхъ частей тѣла, переносъ приготовляемыхъ первой системой питательныхъ веществъ и строительнаго матеріала, система кровеносная. Кровообращеніе, въ отличіе отъ пріема пищи, совершается тутъ равномѣрно безъ перерывовъ.

Введенная пища,—несмотря на то, что состоитъ изъ веществъ организованныхъ,—по большей части, организмомъ сразу усвоена быть не можетъ. Этого и слѣдовало ожидать: ни одинъ организмъ, ни животный, ни растительный, не могъ бы существовать, если бъ были растворимы его органы. Органы — это тѣ пути, по которымъ направляются растворенныя вещества. Водопроводъ, съ трубами, сдѣланный изъ каменной соли, былъ бы также весьма не проченъ. Такимъ образомъ главнымъ назначеніемъ химической дѣятельности животнаго организма является раствореніе вводимыхъ въ него веществъ, что необходимо для ихъ переноса, и вслѣдъ за тѣмъ превращеніе ихъ въ то нерастворимое состояніе въ тѣхъ случаяхъ, когда изъ этихъ веществъ организмъ долженъ строить свои части, когда они идутъ на построеніе его органовъ.

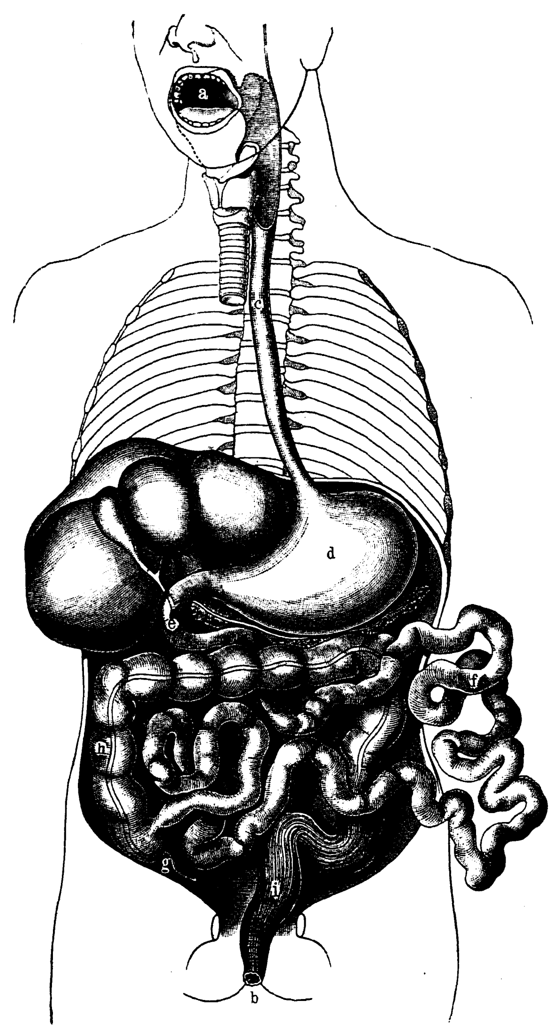
Превращенія эти, насколько извѣстно, могутъ происходить только въ узкихъ каналахъ волосныхъ трубокъ или въ микроскопическихъ клѣткахъ. Такимъ образомъ, необходимыя вещества должны быть или растворены гдѣ нибудь на пути своего слѣдованія въ волосныхъ трубкахъ, или же приведены въ сообщеніе съ химически дѣйствующими клѣтками. Жидкость, пригодная для поддержанія питанія тѣла, отдѣляется такимъ образомъ во время процесса пищеваренія лишь въ очень малыхъ количествахъ; она собирается въ третьей сосудистой системѣ, системѣ лимфатическихъ сосудовъ и при ея посредствѣ изъ пищеварительныхъ органовъ доставляется въ кровеносные сосуды. Прослѣдимъ теперь перемѣщеніе матеріи и испытываемыя превращенія въ этихъ трехъ системахъ.

Пищеварительный каналъ (см. рисунокъ на стр. 602) начинается ртомъ a, и кончается въ противоположной части тѣла заднимъ проходомъ b. Въ промежуткѣ между ними мы замѣчаемъ пищеводъ c, желудокъ d и кишки; кишки въ свою очередь распадаются: на двѣнадцатиперстную e, тонкую f, слѣпую g, толстую h и прямую i. Пищевареніе, то есть раствореніе принятой пищи, начинается уже въ полости рта. Начинается не только потому, что пища во рту подготовляется къ растворенію, измельчается и пропитывается жидкостью, а начинается фактически: растворяетъ ее слюна, которая подъ вліяніемъ раздраженія извѣстныхъ железъ вводится въ ротъ. Наиболѣе существенной и дѣятельной частью слюны является птіалинъ, вещество вырабатываемое въ крови; птіалинъ представляетъ собой такъ называемый ферментъ (бродило), который, какъ при пивномъ броженіи, однимъ фактомъ своего присутствія обусловливаетъ переходъ нерастворимаго крахмала въ растворимый сахаръ. Химическій процессъ броженія выясненъ столь же недостаточно, какъ и прочія химическія явленія, совершающіяся въ организмѣ. Для того, чтобы представить себѣ это броженіе, мы можемъ предположить, что клѣтки бродила производятъ совершенно такое же дѣйствіе какъ капиллярные сосуды замкнутыхъ сосудистыхъ системъ.

Тѣснота, при которой только и возможны сказанныя химическія разложенія и затѣмъ образованіе новыхъ соединеній здѣсь, на такомъ разстояніи отъ пищеварительнаго тракта, осуществляется при помощи вводимыхъ сюда капиллярныхъ клѣточныхъ тѣлецъ: въ ферментахъ они до сихъ поръ не открыты, но безъ сомнѣнія они тамъ есть. Благодаря этому, пищевареніе можетъ тотчасъ же начаться. Если смочить хлѣбъ слюной и оставить его такъ стоять, то онъ превращается въ сахаръ и внѣ организма: химическая сторона превращенія, какъ извѣстно, состоитъ въ томъ, что къ молекулѣ крахмала прибавляются составныя части молекулы воды.

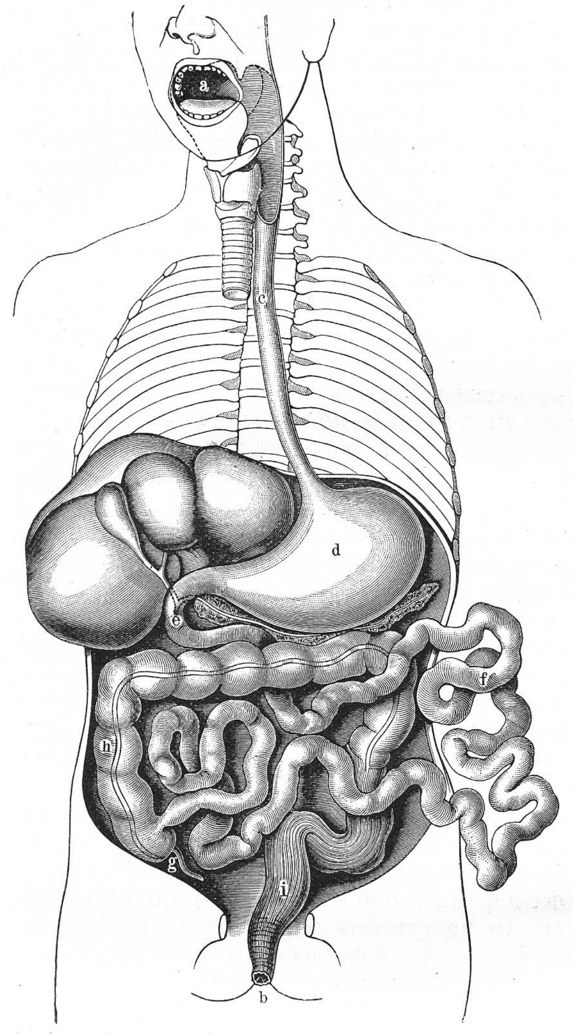
Но броженіе, совершающееся, вообще говоря, довольно медленно,—за то время, что пища остается во рту, можетъ только начаться. За то, пройдя быстро пищеводъ, пища попадаетъ на сравнительно продолжительное время въ желудокъ (на рисункѣ стр. 602), и тутъ броженіе развивается дальше. Благодаря механическимъ

движеніямъ живота дальше идетъ и измельченіе обращенной въ кашицу пищи. Слизистая оболочка желудка выдѣляетъ другой ферментъ, пепсинъ; кромѣ того, въ желудочномъ сокѣ около 0,02 свободной соляной кислоты, чѣмъ и обусловливается его кислый вкусъ. Птіалинъ растворяетъ главнымъ образомъ только крахмалъ, желудочный же сокъ дѣйствуетъ и на бѣлковыя соединенія, которыя всегда содержатся въ питательныхъ веществахъ. Третья же составная часть пищевыхъ продуктовъ, жиры, не уступаютъ дѣйствію ни того, ни другого пищеварительнаго сока и выходятъ изъ желудка въ непереваренномъ видѣ. Они иногда задерживаютъ усваиваніе остальныхъ частей пищи тѣмъ, что образуютъ вокругъ еще недостаточно измельченныхъ кусковъ ея покровъ и тѣмъ мѣшаютъ доступу въ нихъ желудочныхъ соковъ.



Органы пищеваренія у человѣка.
a—Полость рта, b—задній проходъ, c—пищеводъ, d—желудокъ, e—двѣнадцатиперстная кишка, f—петли тонкихъ кишекъ, g—слѣпая кишка, h—толстыя кишки, i—прямая кишка.
См. текстъ, стр. 601.

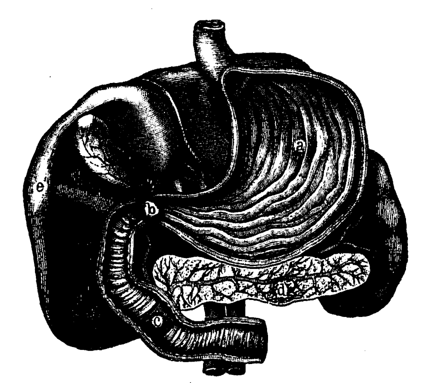
Различнаго рода пища остается въ желудкѣ (на рис., помѣщ. на стр. 603) отъ 1—6 часовъ; продолжительность пребыванія въ желудкѣ обусловливается большей или меньшей степенью растворимости ея въ желудочномъ сокѣ. Затѣмъ она выходитъ изъ желудка черезъ привратникъ b, клапанъ, пропускающій только растворенныя или очень измельченныя вещества. Принципъ устройства привратника тотъ же, что и глазного зрачка, который, отвѣчая на свѣтовое раздраженіе, закрывается. Какъ только къ привратнику прикоснется твердое тѣло, его круглый мускулъ сжимается, и это тѣло уже пройти не можетъ. Спустя извѣстное время привратникъ растворяется самъ, и переваренныя части пищи подъ вліяніемъ выталкивающихъ ихъ червеобразныхъ поступательныхъ (перистальтическихъ) движеній желудка продвигаются въ двѣнадцатиперстную кишку c. Составъ попадающихъ сюда веществъ уже гораздо однороднѣе первоначально принятой пищи. Крахмалъ превратился въ сахаръ, бѣлокъ въ его различныхъ видоизмѣненіяхъ подъ вліяніемъ пепсина перешелъ въ „пептоны“; эти пептоны потомъ опять даютъ тѣлу бѣлокъ — такъ образуются ткани мяса, или тѣ студенеобразныя вещества, изъ которыхъ потомъ строятся кости, сухожилія и т. п. Наконецъ, жиръ распадается на маленькіе шарики. Только на клѣтчатку съ ея сравнительно грубымъ строеніемъ, на волокнистую древесную ткань, на толстую шелуху стручковыхъ растеній, не дѣйствуютъ желудочные соки, не дѣйствуютъ, по крайней мѣрѣ, въ организмѣ человѣка; наряду съ жиромъ въ непосредственномъ видѣ поступаютъ въ кишки и онѣ. Нѣкоторые виды животныхъ обладаютъ способностью переваривать даже дерево, являющееся, какъ мы знаемъ, только разновидностью крахмала.



Органы пищеваренія у человѣка.
a—Полость рта, b—заднiй проходъ, c—пищеводъ, d—желудокъ, e—двѣнадцатиперстная кишка, f—петли тонкихъ кишекъ, g—слѣпая кишка, h—толстыя кишки, i—прямая кишка.
См. текстъ, стр. 601.

Немного ниже привратника въ двѣнадцатиперстную кишку изливаются другіе пищеварительные соки, имѣющіе иной составъ, по сравненію съ названными соками: желудочный, или панкреатическій сокъ, и желчь. Они смѣшиваются съ содержимымъ сказанной кишки. Первый вырабатывается въ поджелудочной железѣ d (см. рисунокъ ниже), вторая — въ печени e. Желчный пузырь f служитъ для желчи резервуаромъ. Передъ самымъ входомъ въ кишку желчь смѣшивается съ панкреатическимъ сокомъ и такимъ образомъ оба сока входятъ въ нее черезъ одно и то же отверстіе. При переходѣ кашицы, требующей дальнѣйшей переработки, въ тонкія кишки (см. рисунокъ на стр. 592) къ этимъ двумъ способствующимъ пищеваренію жидкостямъ присоединяется еще третья—сокъ, отдѣляющійся отъ этихъ кишекъ. Всѣ эти жидкости, въ отличіе отъ тѣхъ, которыя выдѣляются въ желудкѣ, имѣютъ щелочную реакцію; онѣ нейтрализуютъ кислотное содержимое двѣнадцатиперстной кишки.

Панкреатическій сокъ, какъ оказалось, въ состояніи растворять почти всѣ попадающіяся въ пищѣ вещества,—это универсальный пищеварительный сокъ. Онъ представляетъ собой вязкую слизистую прозрачную жидкость, содержащую, по сравненію съ прочими пищеварительными соками, очень много неорганическихъ веществъ (минеральныхъ солей). Въ немъ также заключаются ферменты: одинъ изъ нихъ, подобно слюнѣ, обладаетъ свойствомъ превращать крахмалъ въ сахаръ, другой — трипсинъ, растворяетъ даже бѣлокъ, безъ всякаго участія кислотъ. Панкреатическій сокъ подготовляетъ жиры къ дальнѣйшей переработкѣ. По своему химическому составу онъ сходенъ съ кровяной сывороткой.



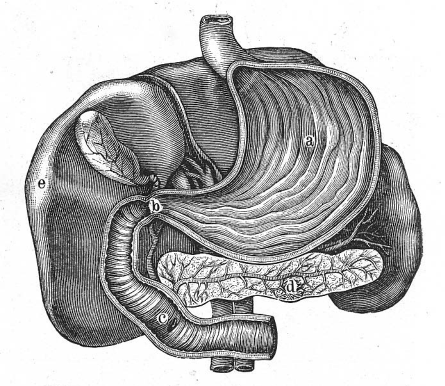
Желудокъ и большія железы пищеварительнаго аппарата. a-Желудокъ, b-привратникъ, c-двѣнадцатиперстная кишка, d-поджелудочная железа, e-печень, f-желчный пузырь. См. текстъ, стр. 602.

Изъ всѣхъ пищеварительныхъ соковъ наиболѣе извѣстна желчь. Она имѣетъ слабо щелочную реакцію, ея рѣзко горькій вкусъ извѣстенъ каждому. Главнымъ образомъ состоитъ и она изъ соединеній натрія съ кислотами; ея буровато-зеленый цвѣтъ обусловленъ присутствіемъ одного желѣзистаго соединенія. Желчь дѣйствуетъ на жиры; вмѣстѣ съ кишечнымъ сокомъ она раздробляетъ ихъ на столь мелкія части, что ихъ нельзя разглядѣть даже въ микроскопъ; въ этомъ видѣ жиры проходятъ сквозь стѣнки кишекъ и попадаютъ туда, гдѣ находятся другіе соки.

Длинныя, тонкія кишки, или собственно „кишки", наполняющія собой полость живота, выстланы безчисленнымъ множествомъ тонкихъ ворсинокъ; тутъ то, въ промежуткахъ между этими ворсинками, содержимое кишки, пропитанное различными способствующими пищеваренію жидкостями, впервые подвергается переработкѣ въ настоящихъ капиллярныхъ сосудахъ. Тутъ, въ этихъ тонкихъ кишкахъ и происходитъ настоящее пищевареніе; дѣятельность другихъ органовъ пищеваренія, строго говоря, сводится только къ подготовкѣ перевариваемой пищи.

Если черезъ задній проходъ вводить питательную жидкость, то тонкія кишки могутъ однѣ поддерживать питаніе тѣла. Обыкновенно совершенно неправильно думаютъ, что главнымъ органомъ пищеваренія является желудокъ. Въ послѣднее время больной желудокъ успѣшно удаляли оперативнымъ путемъ. Пищеварительный каналъ по заживленіи выполнялъ всѣ функціи пищеваренія, пока расширеніемъ пищевода не былъ образованъ новый желудокъ.

Тонкія кишки, вмѣстѣ съ примыкающей къ нимъ толстой ободочной, кишкой имѣютъ двойное назначеніе: они завершаютъ пищевареніе и отдѣляютъ приготовленный сокъ отъ непереваренныхъ остатковъ, которые затѣмъ по прямой кишкѣ выходятъ изъ тѣла. Оба процесса протекаютъ въ ворсинкахъ (см. рисунокъ на стр. 604). Лимфатическіе сосуды f при помощи чрезвы-

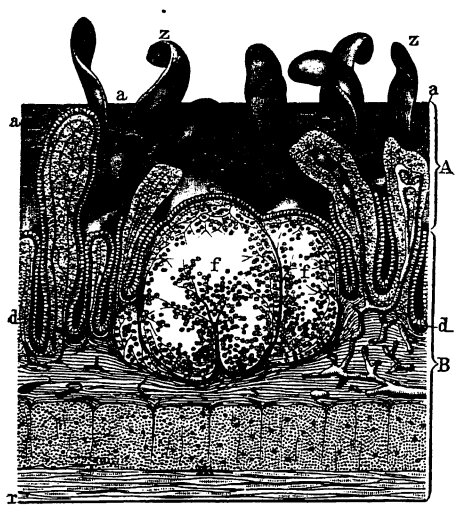


Желудокъ и большія железы пищеварительного аппарата. а - Желудокъ, b-привратникъ, с-двѣнадцатиперстная кишка, d-поджелудочная железа, е-печень, f-желчный пузырь. См. текстъ, стр. 602.

чайно тонкихъ жилокъ, проходящихъ по всему тѣлу, высасываютъ питательный сокъ изъ стѣнокъ ворсинокъ, послѣ того какъ процессъ пищеваренія, подъ вліяніемъ вытекающаго изъ отверстій железъ отдѣленія, закончится; этотъ процессъ имѣетъ извѣстное сходство съ извлеченіемъ пищи изъ почвы корнями растеній. Этотъ питательный сокъ — молоко.

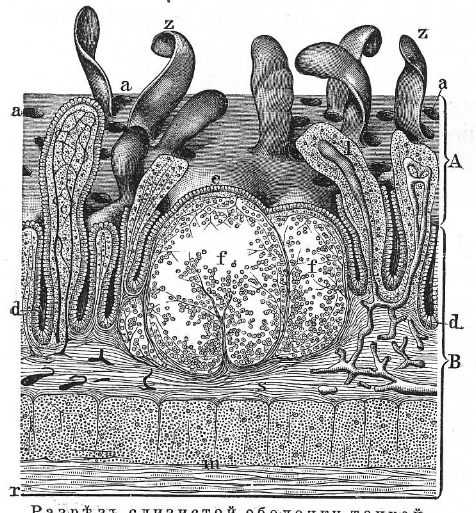
Такимъ образомъ, всѣ питательныя вещества, введенныя въ организмъ, благодаря растворяющему и избирательному дѣйствію процесса пищеваренія, превращаются въ этотъ сокъ, содержащій въ себѣ все, что необходимо тѣлу для питанія. Молоко по своему составу въ сущности ничѣмъ не отличается отъ крови; только въ немъ больше жира и нѣтъ тѣхъ красныхъ кровяныхъ шариковъ, которые придаютъ крови ея окраску.

Система узловатыхъ лимфатическихъ сосудовъ (см. рис. на стр. 595). распространяется по всѣмъ частямъ тѣла, она извлекаетъ изъ нихъ, какъ изъ стѣнокъ кишекъ, всѣ тѣ питательныя вещества, въ которыхъ, благодаря чрезмѣрно обильному притоку ихъ по кровеноснымъ сосудамъ, въ настоящую минуту нѣтъ надобности, безъ которыхъ кровообращеніе можетъ обойтись. Лимфатическая система является резервуаромъ для всѣхъ пригодныхъ жидкихъ отдѣленій; по мѣрѣ того какъ вещество во время пищеваренія потребляется, она его замѣщаетъ. Сосуды ея соединяются въ одинъ главный стволъ, подымающійся позади позвоночнаго столба. Это такъ называемый грудной протокъ. Млечный сокъ (хилъ), втекающій въ него изъ млечныхъ сосудовъ кишки, содержитъ въ себѣ гораздо больше жира, чѣмъ прозрачная лимфа, попадающая сюда изъ прочихъ частей тѣла. Одно изъ развѣтвленій грудного протока идетъ къ грудной железѣ и даетъ возможность матери доставлять своему новорожденному дитяти, которое она до того кормила прямо своей кровью, молоко столь сходное по составу съ кровью, и задающее наименьшую работу пищеварительнымъ органамъ ребенка, только что начавшимъ функціонировать. Главный токъ лимфы впадаетъ въ кровеносную систему неподалеку отъ того мѣста, гдѣ, возвращаясь назадъ изъ разныхъ частей тѣла, кровь снова попадаетъ въ сердце. Тутъ только переваренная пища вполнѣ выполняетъ свое назначеніе.



Разрѣзъ слизистой оболочки тонкой кишки. z Ворсинка, с кровеносные сосуды, f лимфатическіе сосуды, a отверстіе железъ, m мышечная ткань, l млечные сосуды. См. текстъ, стр. 593.

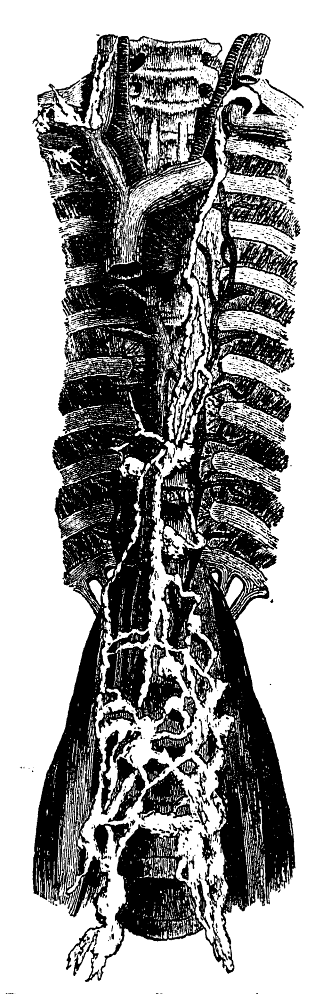
Теперь мы должны прослѣдить важныя превращенія вещества, совершающіяся при посредствѣ кровообращенія, имѣющаго задачей непосредственное питаніе всѣхъ частей организма; выводимыя вещества пополняются при этомъ притокомъ лимфы. Но животный организмъ долженъ не только питаться, какъ растеніе, онъ долженъ развивать живую силу, потребную для движеній и другихъ животныхъ отправленій, требующихъ расхода энергіи. Для такихъ дѣйствій необходимо обильное сгараніе кислорода; до сихъ поръ при разсмотрѣніи химическихъ реакцій, совершающихся при пищевареніи, этой реакціи мы не замѣчали. Нейтрализацію кислаго желудочнаго сока въ кишкахъ въ этомъ случаѣ въ разсчетъ принимать нельзя. Это поглощеніе кислорода и сгораніе обусловливается, хотя и не прямымъ путемъ, дѣятельностью дыхательнаго аппарата. Онъ долженъ выполнять свою задачу не въ теченіе нѣкоторыхъ опредѣленныхъ промежутковъ времени, какъ пищеварительные органы, а непрерывно. Для того, чтобы поддерживать питаніе всѣхъ органовъ кровеносная система должна распространяться по всему тѣлу. Кровь должна попадать во всѣ мельчайшія поры; поэтому подъ



Разрѣзъ слизистой оболочки тонкой кишки. z Ворсинка, с кровеносные сосуды, f лимфатическіе сосуды, a отверстіе железъ, m мышечная ткань, l млечные сосуды.
См. текстъ, стр. 593.

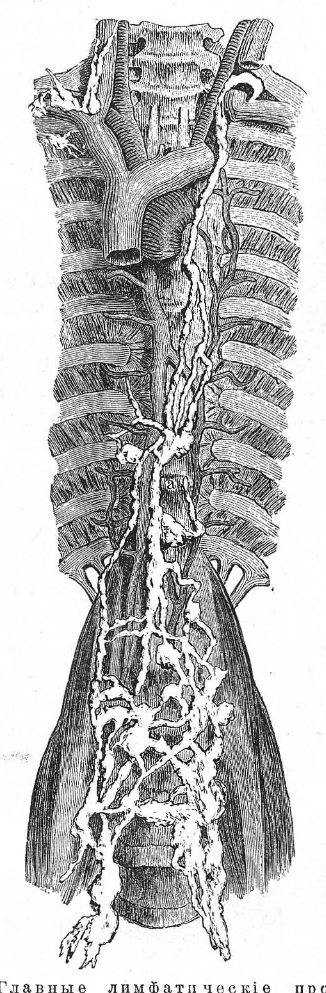
вліяніемъ давленія она проходитъ черезъ систему необходимыхъ для этого волосныхъ трубокъ. Кромѣ различныхъ питательныхъ веществъ, кровь должна отдавать въ различныхъ частяхъ организма и свой кислородъ; этотъ кислородъ пополняется въ легкихъ при помощи дыханія. Зная все это, мы безъ труда поймемъ механизмъ кровообращенія.

Сердце производитъ то давленіе, которымъ обусловливается все кровообращеніе. Съ своими четырьмя отдѣлами оно представляетъ настоящую станцію съ насосами, и наши машины въ нѣкоторыхъ своихъ частяхъ его копируютъ. Если оставить въ сторонѣ нервное раздраженіе, дающее сердцу силу для выполняемыхъ имъ движеній, оно остается наиболѣе простымъ, наиболѣе отчетливымъ по своимъ дѣйствіямъ органомъ, работающимъ, какъ настоящій механизмъ. Чтобы изучить кровообращеніе (см. чертежъ на стр. 606), мы начнемъ разсмотрѣніе его въ тотъ моментъ, когда вся кровь находится въ лѣвомъ желудочкѣ сердца b; сюда она приходитъ въ совершенно свѣжемъ видѣ. Вслѣдствіе сокращенія мускуловъ сердечной сумки отпираются карманы клапана, устроеннаго въ сущности точно такъ же, какъ клапаны обыкновенныхъ насосовъ. Разница вся въ томъ, что тутъ клапаны построены изъ кожи (см. рисунокъ на стр. 606).



Главные лимфатическіе протоки въ груди и животѣ человѣка. a Грудной протокъ. Изъ соч. Ранке „Человѣкъ". См. текстъ, стр. 604.

Черезъ этотъ клапанъ свѣжая кровь вытекаетъ въ аорту, главную артерію (на нашемъ схематическомъ чертежѣ c); въ то же время другой клапанъ, ведущій въ лѣвое предсердіе и дѣйствующій въ смыслѣ противоположномъ, по сравненію съ первымъ, только благодаря своему положенію, запирается и такимъ образомъ при сжатіи сердца кровь назадъ вернуться уже не можетъ. Всѣ органы при помощи состоящей изъ многочисленныхъ вѣтвей системы жилъ, артерій k, изображенныхъ у насъ на чертежѣ схематически, снабжаются свѣжей ярко красной кровью. Отработавъ, кровь возвращается назадъ въ сердце по столь же развѣтвленной системѣ кровеносныхъ сосудовъ венъ v, пріобрѣтя голубой отливъ, сначала въ правое предсердіе e. Но мы не должны думать, что въ промежуткѣ между двумя ударами пульса вся кровь пробѣгаетъ по тонкимъ сосудамъ. За это время только главная масса крови успѣваетъ пробѣжать бо̀льшіе по размѣрамъ сосуды. Въ меньшихъ сосудахъ кровь движется гораздо медленнѣе, возвращаясь въ главныя жилы лишь спустя болѣе или менѣе продолжительное время, гдѣ ея лишенныя кислорода частички вовлекаются въ общій потокъ. Отдѣльныя частички крови имѣютъ такимъ образомъ достаточно времени для выполненія въ клѣточной ткани всѣхъ своихъ физическихъ и химическихъ дѣйствій. Изъ праваго предсердія при помощи клапана кровь можетъ перейти въ правый желудочекъ, когда сердце не сжато. Послѣ этого клапанъ предсердія закрывается и открывается другой клапанъ, черезъ который венозная отработавшая кровь можетъ пройти къ легкимъ g. Здѣсь въ необычайно тонкихъ развѣтвленіяхъ волосныхъ трубочекъ кровь приходитъ почти въ непосредственное соприкосновеніе съ вдыхаемымъ воздухомъ, благодаря чему и можетъ возстановить свои первоначальныя свойства. Снова свѣжая, возстановившая свой ярко-красный цвѣтъ



Главные лимфатическіе протоки въ груди и животѣ человѣка. а Грудной протокъ. Изъ соч. Ранке „Человѣкъ". См. текстъ, стр. 604.

кровь устремляется теперь изъ легкихъ въ лѣвое предсердіе a, и оттуда, если только предсердіе не сокращено, въ лѣвый желудочекъ b, изъ котораго при слѣдующемъ ударѣ пульса кровобращеніе и начинается сызнова.

Количество переносимой такимъ образомъ крови довольно велико; для взрослаго человѣка оно равно приблизительно 5 кг. Само собой разумѣется, что этотъ наиболѣе важный для жизни сокъ имѣетъ составъ далеко не простой. Составъ одной части его, вводимой въ кровеносную систему при пищевареніи, сходной съ молокомъ лимфы, намъ уже извѣстенъ. Изъ нея главнымъ образомъ состоитъ кровяная сыворотка, то есть та прозрачная жидкость, которая остается послѣ свертыванія крови. Ту часть крови, которой только и обусловливается наиболѣе важная сторона дѣятельности крови, введеніе кислорода, составляютъ красныя кровяныя тѣльца, которыя въ огромныхъ количествахъ — у взрослаго человѣка число ихъ достигаетъ четверти билліона — плаваютъ въ сывороткѣ. Кромѣ красныхъ кровяныхъ тѣлецъ, существуютъ еще бѣлыя, или безцвѣтныя кровяныя тѣльца, значительно отличающіяся по своему составу и физіологической функціи отъ первыхъ. Отношеніе числа вторыхъ къ числу первыхъ равно приблизительно 1 : 350; такимъ образомъ въ человѣческомъ организмѣ ихъ во всякомъ случаѣ не менѣе 1000 милліоновъ. Въ крови 91 процентъ вѣса приходится на долю воды, а 9 процентовъ — на долю твердыхъ веществъ: 10 процентовъ этихъ послѣднихъ образуютъ волокнистую ткань, построенную изъ бѣлка, 78 процентовъ приходится на долю другихъ бѣлковыхъ веществъ; далѣе слѣдуютъ: 1 процентъ жира, 4 процента различныхъ органическихъ „вытяжекъ“ и 7 процентовъ неорганическихъ солей.

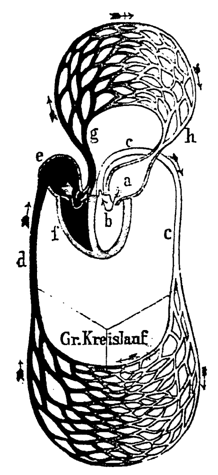
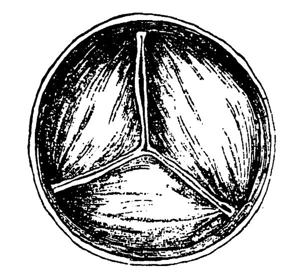


Схема кровообращенія. a—лѣвое предсердіе, b—лѣвый желудочекъ, c—аорта и артеріи, d—вены, e—правое предсердіе, f—правый сердечный желудочекъ, g—легочная артерія, h—легочная вена. См. текстъ, стр. 605.

Красныя кровяныя тѣльца (см. рисунокъ на стр. 607) представляютъ собой маленькіе полые кружки, имѣющіе у животныхъ различныя формы; у человѣка они однородной круглой формы; діаметръ ихъ равенъ 0,0077 мм., толщина равна приблизительно 0,002 мм. Они не имѣютъ ядеръ и потому не могутъ быть причислены къ настоящимъ клѣткамъ. Они не могутъ самостоятельно двигаться и перемѣщаются только вмѣстѣ съ потокомъ крови. Благодаря своей большой упругости, подъ вліяніемъ давленія они могутъ проходить черезъ мельчайшія поры, вытягиваясь въ длинныя нити, и затѣмъ по выходѣ въ болѣе широкое мѣсто снова принимая свою первоначальную круглую форму. Мы видимъ, что эти кровяныя тѣльца прекрасно отвѣчаютъ своему назначенію строительнаго матеріала: они могутъ всюду проникнуть, всюду приспособиться. Главнымъ источникомъ этихъ удивительныхъ тѣлецъ является повидимому печень, которая, подобно легкимъ, сообщается съ кровеносной системой, но этотъ токъ крови совершенно изолированъ отъ другого, имѣющаго назначеніе поддерживать питаніе. Но красныя кровяныя тѣльца могутъ получаться въ организмѣ и другимъ путемъ. Химическій анализъ этихъ тѣлецъ показываетъ, что они состоятъ главнымъ образомъ изъ бѣлка, и что, сверхъ того, въ нихъ входятъ и желѣзистыя соединенія. Эти то соединенія и обусловливаютъ ихъ важнѣйшую функцію — непрочное присоединеніе къ крови кислорода.





Полулунныя заслонки аорты. См. текстъ, стр. 605.

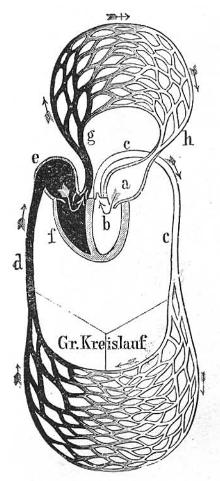
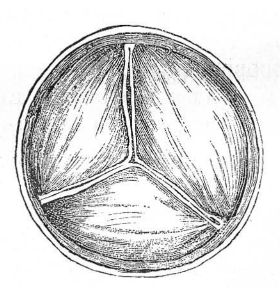


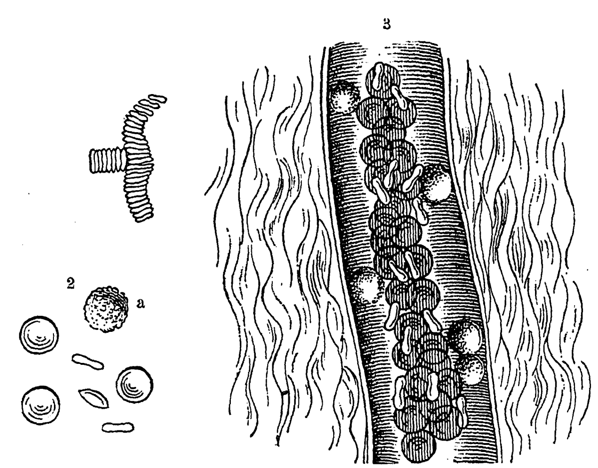
Схема кровообращенія. a—лѣвое предсердіе, b—лѣвый желудочекъ, c—аорта и артеріи, d—вены, e—правое предсердіе, f—правый сердечный желудочекъ, g—легочная артерія, h—легочная вена. См. текстъ, стр. 605.





Полулунныя заслонки аорты. См. текстъ, стр. 605.

Введеніе кислорода въ организмъ происходитъ во всѣхъ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ кровяныя тѣльца приходятъ въ соприкосновеніе съ воздухомъ, стало быть, не только въ легкихъ, но и на всей поверхности **кожи**, гдѣ тонкіе кровеносные сосуды доходятъ до ея поръ. Мы дышемъ такимъ образомъ всей поверхностью нашего тѣла и при томъ такъ, какъ того требуетъ химическая реакція, то есть такъ, какъ легкими: вмѣсто кислорода, который въ организмъ вводится, кожа выдѣляетъ углекислоту. Въ этомъ отношеніи мы похожи на растенія, но въ виду того, что дѣятельность животныхъ носитъ болѣе напряженный характеръ, чѣмъ функціи растеній, она требуетъ участья еще особаго органа, легкихъ. Замѣчательно то, что въ процессѣ дыханія какъ растеній, такъ и животныхъ, важную роль играетъ желѣзо, которое содержится въ зернахъ хлорофилла и красныхъ кровяныхъ шарикахъ; оно, безъ сомнѣнія, выполняетъ разсматриваемую нами химическую функцію въ обоихъ этихъ классахъ, не смотря на то, что въ одномъ изъ нихъ она носитъ характеръ прямо противоположный тому, который имѣетъ въ другомъ.



Кровяныя тѣльца у человѣка. 1 Красныя кровяныя тѣльца соединившіяся въ видѣ монетныхъ столбиковъ, 2 красныя тѣльца спереди и сбоку и бѣлое безцвѣтное (а), 3 красныя и бѣлыя кровяныя тѣльца въ жилахъ. Изъ соч. Ранке „Человѣкъ“. См. текстъ, стр. 606.

Красныя тѣльца очень легко отдаютъ введенный ими въ организмъ кислородъ; такимъ образомъ они исполняютъ роль передатчиковъ кислорода другимъ органамъ, въ которыхъ онъ при образованіи болѣе прочныхъ соединеній съ находящимися тамъ соединеніями, при окисленіи ихъ, выдѣляетъ теплоту и производитъ въ мышцахъ ту энергію, которой животный механизмъ пользуется при выполненіи тѣхъ или другихъ дѣйствій. Кровяныя тѣльца не претерпѣваютъ при этомъ никакихъ измѣненій и могутъ, въ качествѣ бѣлковыхъ веществъ, выполнить вторую свою задачу — принять участіе въ построеніи частей организма и въ его сохраненіи. Разумѣется, для этого они должны быть свободны отъ извѣстныхъ составныхъ частей (какъ то желѣза и другихъ неорганическихъ соединеній), которыя необходимы были въ то время, когда они исполняли функцію передатчиковъ кислорода. Это отдѣленіе ненужныхъ частей производится тѣми самыми органами, которые служатъ для **очищенія крови** отъ другихъ вредныхъ примѣсей, а именно: имѣющимися во всѣхъ частяхъ тѣла потовыми желѣзами и затѣмъ особымъ органомъ, **почками**, которыя представляютъ собой съ своими капиллярными сосудами **для крови** настоящій **фильтръ**. Въ этой фильтраціи осмотическое давленіе играетъ, несомнѣнно, важную роль. Мы знаемъ, что молекулы бѣлка, по сравненію съ молекулами всѣхъ неорганическихъ веществъ, имѣютъ діаметръ весьма значительный. Эта разница становится еще замѣтнѣе, когда бѣлокъ начинаетъ обращаться въ студенеобразное состояніе, что происходитъ при участьи кислотъ. Но такъ какъ содержимое почекъ имѣетъ реакцію кислую, то бѣлковыя вещества, столь полезныя для организма, сквозь тонкія поры „фильтра“ пройти не могутъ и остаются въ кровеносныхъ сосудахъ, а неорганическія вещества проходятъ безпрепятственно далѣе. Къ этого рода веществамъ принадлежатъ: соединенія фосфорной и сѣрной кислоты съ каліемъ, натріемъ, кальціемъ, магніемъ и желѣзомъ, а также такое соединеніе, какъ **поваренная соль**. Всѣ эти вещества находятся въ **мочѣ**, гдѣ они растворены въ большомъ количествѣ воды, составляющей 96 процентовъ всей отдѣляющейся жидкости. Кромѣ того, въ мочѣ содержится еще **мочевина**, съ составомъ которой, $CO(NH_2)_2$, мы познако-

3

2

a

Кровяныя тѣльца у человѣка. 1 Красныя кровяныя тѣльца соединившіяся въ видѣ мопетныхъ столбиковъ, 2 красныя тѣльца спереди и сбоку и бѣлое безцвѣтное (а), 3 красныя и бѣлыя кровяныя тѣльца въ жилахъ. Изъ соч. Ранке „Человѣкъ“.
См. текстъ, стр. 606.

мились при изученіи амміачныхъ соединеній. Само собой разумѣется, что азотъ, кромѣ того случая, когда онъ представляетъ собой составную часть бѣлка, можетъ оказаться для организма веществомъ безполезнымъ или даже вреднымъ. Кровь приходитъ въ легкихъ въ соприкосновеніе съ азотомъ непрерывно и, вслѣдствіе диффузіи, вбираетъ его, какъ вода, стоящая въ открытомъ сосудѣ на воздухѣ. Въ крови отношеніе азота къ кислороду будетъ, разумѣется, далеко не то, что въ воздухѣ, потому что кровь притягиваетъ кислородъ, кромѣ того, еще совершенно особеннымъ образомъ. Этотъ азотъ для крови является излишнимъ; при помощи мочи выводится избытокъ, то есть тѣ количества его, которыя обусловливаютъ превышеніе диффузіоннаго давленія надъ атмосфернымъ. Главную же часть азота, содержащагося въ мочѣ, даютъ превращенія бѣлка. Почки исполняютъ такимъ образомъ работу очищенія организма отъ ядовитыхъ веществъ. Поэтому заболѣванія почекъ представляютъ всегда серьезную опасность; часто они влекутъ за собой медленное уничтоженіе организма, какъ это, напримѣръ, бываетъ при сахарной болѣзни, при которой почки теряютъ свою избирательную способность и пропускаютъ даже полезныя для тѣла вещества; такъ они пропускаютъ сахаръ, получающійся изъ крахмала, и тѣмъ самымъ обезсиливаютъ организмъ. Если такіе больные воздерживаются, поскольку это не вредно для организма, отъ пищи, содержащей крахмалъ или сахаръ, то есть если они питаются главнымъ образомъ мясными блюдами, содержащими бѣлокъ, то до извѣстной степени они могутъ бороться съ вредомъ, обусловливаемымъ плохо функціонирующими почками: разъ молекулъ бѣлка очень много, онѣ уже не такъ легко проходятъ даже сквозь больныя почки.

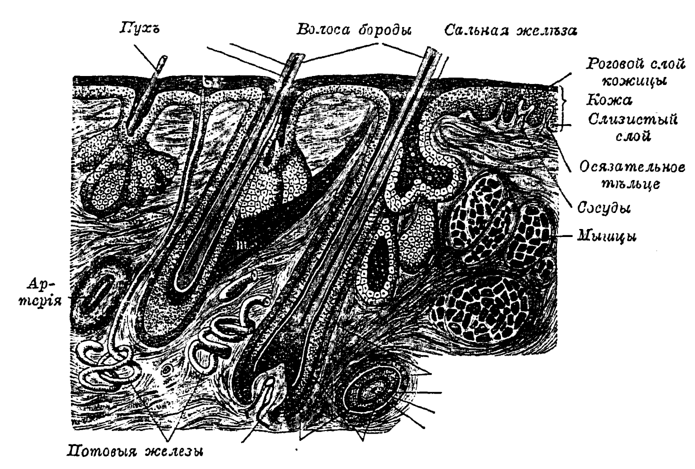
Процессъ отдѣленія кожей пота, съ которымъ по рисунку, помѣщенному на стр. 609, подробно познакомиться мы не можемъ, физіологически очень сходенъ съ процессомъ выдѣленія мочи. Потовыя железы даже похожи на органы почекъ, выдѣляющіе мочу. Потъ содержитъ въ себѣ мочевину, поваренную соль и затѣмъ цѣлый рядъ жирныхъ кислотъ, пропіоновую $C_3H_6O_2$, масляную, капроновую и слѣдующія за ней до кислоты каприновой $C_{10}H_{20}O_2$. Присутствіемъ ихъ объясняются кислый вкусъ пота и его дурной запахъ. Эта дѣятельность кожи, подобно процессу дыханія, подвержена значительнымъ колебаніямъ, она повышается и тотчасъ же по окончаніи мускульнаго напряженія очень быстро понижается. Иногда при помощи потѣнія можно потерять въ короткое время значительныя количества жидкости. Ранке указываетъ случай, когда за четверть часа онъ потерялъ въ паровой банѣ болѣе 1,25 кгр. Отсюда мы видимъ, что иногда сильное потѣніе можетъ оказаться для насъ весьма полезнымъ: при помощи этой сильной испарины изъ организма могутъ быть быстро выведены всякаго рода безполезныя или вредныя вещества; они выводятся изъ крови потовыми железами. Потѣніе влечетъ за собой радикальное очищеніе крови.

Съ другой стороны, прекращеніе дѣятельности кожи можетъ повлечь за собой смертельный исходъ, какъ это бываетъ при пароксизмахъ лихорадки. Если же больной лихорадкой началъ потѣть, то опасность по большей части уже миновала: кровь можетъ возстановляться при посредствѣ дѣятельности кожи.

Кромѣ красныхъ кровяныхъ тѣлецъ, являющихся при процессѣ дыханія передатчиками, мы замѣчаемъ въ крови еще такъ называемыя бѣлыя или, собственно говоря, безцвѣтныя тѣльца, которыя во всѣхъ отношеніяхъ отличны отъ тѣлецъ красныхъ и имѣютъ совершенно иное назначеніе. Они нѣсколько больше красныхъ и обыкновенно имѣютъ шаровую форму (см. рисунокъ на стр. 607); въ нихъ есть ядро, и они имѣютъ видъ настоящихъ клѣтокъ. Въ нихъ содержится живая протоплазма; подобно живымъ свободнымъ комочкамъ протоплазмы, они могутъ вытягивать такъ называемыя рѣснички и такимъ путемъ придвигать къ себѣ находящіяся по близости тѣла или перемѣщаться; короче говоря, бѣлое кровяное тѣльце представляетъ собой самостоятельный организмъ; такихъ самостоятельныхъ единицъ въ нашемъ тѣлѣ до 1000 милліоновъ; мы не удивимся этому, увидавъ въ микроскопъ, какъ они плаваютъ между красными кровяными тѣльцами, разыскивая себѣ пищу. Это организмы, стоящіе на самыхъ низшихъ

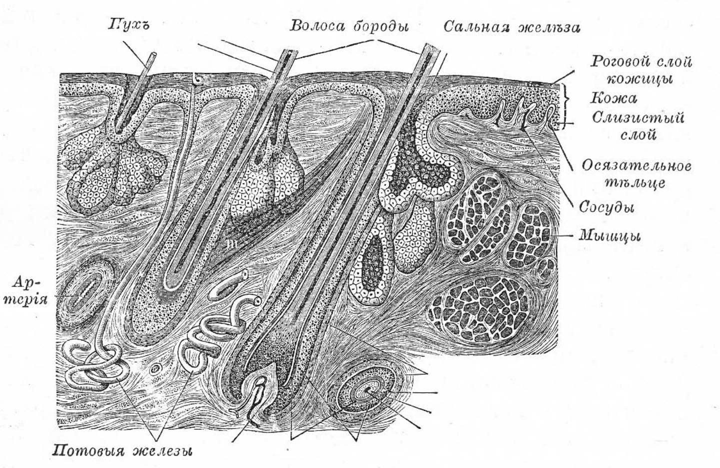
ступеняхъ развитія; они помогаютъ нашему тѣлу, представляющемуся организмомъ столь самостоятельнымъ, строить его части, но на нашу волю не оказываютъ никакого вліянія. Въ концѣ концовъ, то, что мы здѣсь видимъ, ничуть не удивительнѣе того, что переживаетъ любая изъ милліардовъ клѣтокъ: въ извѣстную стадію своей жизни клѣтка бываетъ вполнѣ свободна, потомъ она укрѣпляется именно тамъ, гдѣ это нужно пріютившему ее организму, и способствуетъ построенію его частей. Но и тутъ во многихъ отношеніяхъ она живетъ своей самостоятельной жизнью. Разсматриваемый съ этой точки зрѣнія человѣкъ представляетъ собой лишь колонію, состоящую изъ безчисленнаго множества отдѣльныхъ особей, у которыхъ существуетъ такое же раздѣленіе труда, какъ у насъ въ государственномъ организмѣ.

Мѣсто возникновенія въ организмѣ безцвѣтныхъ тѣлецъ не установлено. Подобно печени, принимающей большое участье въ образованіи красныхъ кровяныхъ тѣлецъ, въ данномъ случаѣ органомъ образованія безцвѣтныхъ тѣлецъ является, повидимому, селезенка. Но по большей части эти самостоятельные организмы размножаются сами собой, какъ свободная протоплазма, простымъ дѣленіемъ. Въ растворѣ бѣлковыхъ веществъ въ крови они находятъ пищу и даже больше, чѣмъ имъ надо. Такія бѣлыя протоплазматическія тѣльца мы встрѣчаемъ также въ лимфѣ и въ другихъ обращающихся въ тѣлѣ сокахъ. Ихъ назначеніе — очищать организмъ: всѣ вредныя для крови вещества, въ особенности же попавшія въ нее небольшія твердыя массы, они прямо уничтожаютъ. Бѣлыя кровяныя тѣльца сравниваютъ съ полицейскими органами государства, ихъ назначеніе захватывать и выводить все вредное; въ то же время, какъ настоящія бѣлковыя клѣтки, они, безъ сомнѣнія, принимаютъ участье и въ построеніи тѣла.



Разрѣзъ кожи губы.

Кромѣ сообщенія тѣлу питанія, кровь должна его равномѣрно согрѣвать. Мы знаемъ, что температура крови теплокровныхъ животныхъ, не причиняя нарушенія функціи всѣхъ органовъ или даже смерти, можетъ измѣняться лишь въ самыхъ ничтожныхъ предѣлахъ. Мы уже видали, что химическія реакціи въ значительной степени зависятъ отъ температуры, при которой онѣ ведутся; въ виду этого мы можемъ съ полнымъ правомъ предположить, что постоянства температуры въ высшихъ организмахъ требуютъ совершающіяся въ немъ разнаго рода химическія реакціи. Въ самомъ дѣлѣ, бѣлокъ, являющійся во всѣхъ частяхъ животнаго организма однимъ изъ наиболѣе дѣятельныхъ веществъ, растворимъ только при извѣстныхъ температурахъ, а растворимость его есть непремѣнное условіе выполненія имъ его разнородныхъ задачъ въ тѣлѣ. Наибольшей подвижностью обладаетъ бѣлокъ приблизительно при температурѣ 35—40°, то есть при средней температурѣ крови теплокровныхъ животныхъ; приблизительно при 20° онъ переходитъ въ студенеобразное состояніе, при которомъ переносъ его становится невозможнымъ; приблизительно около 50° онъ, напротивъ того, свертывается, какъ въ вареныхъ яйцахъ, становится неподвижнымъ и разлагается. Бѣлокъ, отвердѣвшій (перешедшій въ студенеобразное состояніе) подъ вліяніемъ холода, путемъ нагрѣванія можетъ быть приведенъ къ первоначальному жидкому виду,



Разрѣзъ кожи губы.

свернувшійся же бѣлокъ отнятіемъ отъ него тепла въ прежнее состояніе возвратить нельзя. Отсюда мы можемъ сдѣлать соотвѣтственныя заключенія относительно организмовъ, построенныхъ главнымъ образомъ изъ бѣлка, стало быть, и относительно животныхъ. Мы предполагаемъ, — и предположеніе это подтверждается фактами въ точности, — что температура тѣла животнаго можетъ понизиться до 20^0; при этой температурѣ оно совершенно окоченѣетъ и будетъ казаться безжизненнымъ. Согрѣваніемъ можно вернуть такое животное къ жизни. Напротивъ, повышеніе температуры тѣла, даже на значительно меньшее число градусовъ, представляетъ уже значительную опасность; когда при лихорадкѣ температура повышается на 5^0, то есть съ нормальной температуры въ 37^0 до 42^0, то жизнь, какъизвѣстно, находится въ большой опасности. Въ очень рѣдкихъ случаяхъ температура умирающихъ доходитъ до 50^0. Самъ по себѣ холодъ жизни не угрожаетъ. Каждую зиму безчисленное количество организмовъ застываютъ до полнаго прекращенія проявленій жизни; всѣ органы ихъ прекращаютъ свою дѣятельность. Но наступаетъ весна и своей теплотой пробуждаетъ ихъ на новую радостную жизнь. Если застывщія тѣла, доведенныя охлажденіемъ до 20^0 и не имѣющія теперь возможности защищать себя отъ дѣйствія еще большаго холода, будутъ прикрыты такъ, что не смогутъ охладиться на много ниже точки замерзанія воды (расширеніе замерзающей воды должно вызвать разрывъ тонкихъ тканей органовъ тѣла), то жизнедѣятельность организма пріостановится, но впослѣдствіи можетъ возстановиться. Какъ говорятъ факиры, такимъ пониженіемъ температуры тѣла можно даже у человѣка пріостановить жизнедѣятельность на цѣлые мѣсяцы и годы, не причинивъ ему смерти.

Такимъ образомъ поддержаніе одной и той же температуры крови въ тѣхъ широтахъ, гдѣ температура атмосферы не падаетъ ниже нуля и не подымается выше сорока съ небольшимъ градусовъ, не является непремѣннымъ условіемъ существованія. Температура тѣла такъ называемыхъ холоднокровныхъ животныхъ всегда близка къ температурѣ той среды, въ которой они находятся, ихъ приспособленія для регулировки и поддержанія одной и той же температуры не столь совершенны, какъ у животныхъ теплокровныхъ. Живущія въ нашемъ климатѣ пресмыкающіяся должны, стало быть, зимой окоченѣвать. Подъ тропиками этого не бываетъ; тамъ температура рѣдко падаетъ ниже 20^0, и потому бѣлокъ въ нихъ не застываетъ. Конечно, и они путемъ различныхъ химическихъ реакцій вырабатываютъ въ своемъ тѣлѣ теплоту, но они тотчасъ же отдаютъ ее окружающей средѣ. Благодаря этой то теплотѣ, такія животныя съ холодной кровью, какъ рыбы и другіе организмы океана, которые живутъ постоянно въ температурахъ, отличающихся отъ нуля очень мало, могутъ поддерживать циркуляцію бѣлка въ ихъ органахъ. Такимъ образомъ ихъ можно разсматривать, какъ животныхъ теплокровныхъ, отвѣчающихъ только болѣе низкимъ температурамъ.

Въ тѣ стадіи развитія органическаго міра, когда еще теплокровныхъ животныхъ не было, землю окружала среда, температура которой, вѣроятно, никогда не падала настолько низко, чтобы при ней застывалъ бѣлокъ. Въ то время въ приспособленіяхъ для регулировки температуры крови еще не было надобности. Жизнедѣятельность организмовъ той эпохи однако не нарушалась ни разу какими либо тепловыми дѣйствіями. Но вотъ климатическія зоны стали обозначаться на поверхности земли отчетливѣе, и тѣ организмы, которые могли сохраниться при большихъ колебаніяхъ температуры, получили перевѣсъ надъ тѣми, животный механизмъ которыхъ подъ вліяніемъ внѣшней температуры начиналъ работать слабѣе или совсѣмъ прекращалъ свою дѣятельность. Этотъ новый видъ организмовъ развился тѣмъ лучше, чѣмъ ближе была ихъ температура къ той, которая представляетъ наилучшія условія для движенія и химизма бѣлка: въ этомъ случаѣ органическія функціи животнаго могли совершаться безпрерывно круглыя сутки лѣтомъ и зимой, принимая постоянное участіе въ построеніи и улучшеніи организма.

Приспособленія для регулированія температуры, имѣющія у человѣка наиболѣе совершенное устройство и тѣмъ значительно способствовавшія его теперешнему преобладающему положенію на земномъ шарѣ, въ сущности очень несложны. Мы допускаемъ, что дѣятельность того или другого органа непосредственно зависитъ отъ количества притекающей къ нему крови, отъ его питанія. Нѣкоторая средняя температура должна установиться сама собой; въ самомъ дѣлѣ, если вырабатываемая внутри теплота не поддерживала бы извѣстнаго равновѣсія по отношенію къ отдачѣ тепла, путемъ ли работы, излученія или какихъ либо другихъ процессовъ, то спустя очень непродолжительное время мы стали бы либо непрерывно согрѣваться, либо непрерывно охлаждаться и потому не въ состояніи были бы жить; такъ прекращается быстро существованіе дѣла, въ которомъ приходъ не покрываетъ, не говоря уже о непредвидѣнныхъ потеряхъ, даже нормальныхъ расходовъ. Такимъ образомъ задача соотвѣтственныхъ приспособленій сводится къ тому, чтобы колебанія температуры среды производили на температуру крови возможно меньшее вліяніе. Человѣческое тѣло въ этомъ отношеніи приспособлено превосходно. Путешественники въ полярныхъ странахъ въ теченіе цѣлыхъ мѣсяцевъ живутъ въ температурахъ, отличающихся отъ температуры ихъ тѣла на сто градусовъ, и тѣмъ не менѣе тѣло ихъ не охлаждается даже на одинъ градусъ; съ другой стороны, человѣкъ можетъ находиться въ совершенно сухомъ воздухѣ, температура котораго выше точки кипѣнія (см. „Человѣкъ“, соч. Ранке, т. I), и температура его тѣла не повышается хотя бы на одинъ градусъ.

Такими регулирующими приспособленіями, производящими эти чудеса, являются безчисленныя поры и тончайшія жилки кожи, которыя, подобно всякому другому тѣлу, отъ холода сжимаются, а отъ тепла расширяются; эти простыя физическія дѣйствія усиливаются физіологическими: тонкія развѣтвленія артерій, находящіяся подъ кожей, окружены кольцеобразными мускулами, которые, отвѣчая на раздраженія, производимыя холодомъ или тепломъ, еще сильнѣе сжимаются или расширяются. Подъ вліяніемъ холода, производящаго сжатіе, кровь отъ периферіи отливаетъ, подъ вліяніемъ же тепла—приливаетъ въ большемъ, нежели обыкновенно, количествѣ. Сказанное относится только къ артеріальной, работоспособной крови; поэтому-то наши руки на холоду синѣютъ: въ кожѣ остается только венозная синеватая кровь; наоборотъ, при нагрѣваніи кожа особенно сильно, больше, чѣмъ всегда, краснѣетъ. Такимъ образомъ подъ вліяніемъ холода кровь приливаетъ къ внутреннимъ органамъ въ большемъ, нежели обыкновенно, количествѣ, вслѣдствіе чего они начинаютъ усиленно работать и производить теплоту. Въ первые моменты дѣйствія холода сердце работаетъ сильнѣе, чѣмъ при нормальной температурѣ, и температура тѣла повышается, по сравненію съ средней. Разъ кровь отлила отъ поверхности тѣла, должно уменьшиться и лучеиспусканіе. Въ тѣхъ частяхъ тѣла, которыя подвержены дѣйствію внѣшняго воздуха (пальцы и т. п.), потеря теплоты достигаетъ такихъ размѣровъ, что органическое вещество, бѣлокъ, теряетъ свою способность двигаться: пальцы коченѣютъ, — мускулы прекращаютъ свою дѣятельность. Если дѣйствіе холода не прекратится, то кровь, несмотря на повышеніе ея дѣятельности, все-таки начнетъ остывать, а внутренніе органы, въ особенности сердце, не получая достаточно тепла, станутъ слабѣе функціонировать; сердце будетъ биться все медленнѣе и медленнѣе. Теперь тѣло находится на пути къ гибели: вскорѣ наступаетъ полное окоченѣніе, смерть отъ замерзанія; сознаніе при этомъ гаснетъ, потому что мозгъ для поддержанія своей дѣятельности требуетъ обильнаго притока крови. Но если органы дѣйствительно не замерзли, то есть не охладились ниже нуля, то при помощи продолжительнаго согрѣванія и возбужденія искусственнаго дыханія можно оживить организмъ; подъ вліяніемъ ритмическихъ сжатій и расширеній грудной клѣтки организмъ, въ которомъ всѣ функціи уже пріостановились, начинаетъ жить снова, что показываетъ, что при затвердѣваніи органы не потерпѣли никакого вреда.

Для защиты отъ чрезмѣрной жары организмъ можетъ пользоваться тѣми же

самыми приспособленіями, которыя охраняли его отъ холода. Только приспособленія эти по отношенію къ высокимъ температурамъ оказываются не столь дѣйствительными, какъ по отношенію къ низкимъ; почему это такъ, мы уже говорили. Когда подъ вліяніемъ теплового раздраженія кожныя жилы раскрываются, кровь направляется изнутри тѣла въ нихъ. Благодаря этому, увеличивается излученіе, дѣятельность внутреннихъ производящихъ тепло органовъ подъ вліяніемъ уменьшенія въ нихъ количества крови ослабѣваетъ; въ то же время приливъ крови къ кожѣ значительно повышаетъ ея дѣятельность. Потовыя железы, наполняющіяся кровяной жидкостью, отдѣляютъ свой сокъ во все возрастающихъ количествахъ; этотъ сокъ испаряется на поверхности кожи и переводитъ тепло въ скрытое состояніе; это обусловленное испареніемъ охлажденіе препятствуетъ проникновенію тепла въ кожу извнѣ до тѣхъ поръ, пока она влажна, то есть пока отдѣляетъ потъ. Въ сухомъ воздухѣ мы можемъ переносить болѣе высокія температуры, нежели во влажномъ: во влажномъ испареніе слабѣе. Поэтому то невыносима влажная береговая полоса подъ тропиками для европейца; онъ легко заболѣваетъ тутъ лихорадкой; въ глубинѣ же страны онъ переноситъ ту же самую высокую температуру безъ вреда для своего здоровья. Только благодаря испаренію мы можемъ подвергать тѣло дѣйствію такихъ температуръ, при которыхъ бѣлокъ свертывается: не испытываетъ дѣйствія температуры даже кожа, потому что она покрыта потомъ; но такъ какъ образованіе пота въ теченіе продолжительнаго времени всегда происходитъ за счетъ важныхъ составныхъ частей крови, то повышеніе температуры тѣла представляетъ для него бо́льшую опасность, нежели пониженіе.

Теплота вырабатывается всѣми органами, въ которыхъ происходитъ химическая реакція окисленія; мы видѣли, что окисленіе происходитъ всюду въ соединительной ткани и въ мышцахъ, въ теченіе всего времени ихъ дѣйствія. Больше же всего тепла даетъ печень, эта поистинѣ химическая лабораторія тѣла. Вводимая нами пища должна поддерживать образованіе достаточныхъ количествъ тепла, избытокъ тепла регулируется самими же органами; въ органѣ, нагрѣвающемся слишкомъ сильно, бѣлокъ разлагается, и дѣятельность его, то есть образованіе въ немъ теплоты пріостанавливается.

Тѣло взрослаго человѣка, по вычисленіямъ Гельмгольца, въ нашихъ широтахъ выдѣляетъ за 24 часа около 2700 калорій (большихъ); это то количество тепла, которое развиваетъ при сгараніи 0,7 кгр. хорошаго дерева или 0,5 кгр. каменнаго угля. Въ это число калорій не входитъ то количество калорій, которое затрачивается на приведеніе въ движеніе внутреннихъ органовъ, а именно сердца. Работа, требуемая для выполненія этихъ движеній весьма значительна. По вычисленію Ранке, въ теченіе 24 часовъ затрачивается не менѣе 87,000 кгрм.; другими словами, сила сердца достаточна для того, чтобы поднять въ теченіе этого времени 87,000 кгр. на одинъ метръ. При сравненіи этой работы съ производительностью рабочаго оказывается, что она составляетъ болѣе четверти самой напряженной работы человѣка въ теченіе восьмичасового рабочаго дня. На работу сердца идетъ въ 24 часа приблизительно 200 большихъ калорій. Изъ сказанныхъ 2700 большихъ калорій около тысячи идетъ на нагрѣваніе вводимой нами пищи и вдыхаемаго воздуха и на испареніе воды въ легкихъ и на поверхности кожи. Изъ остальныхъ 1700 калорій значительное количество тепла идетъ на излученіе тѣла, которое почти всегда теплѣе окружающей среды; точно опредѣлить это количество въ виду того, что внѣшнія условія непостоянны, трудно; въ нашихъ широтахъ, за вычетомъ сказаннаго количества тепла, еще остается 800—1000 калорій, которыми человѣкъ можетъ распорядиться по своему усмотрѣнію. Еслибъ нашъ организмъ былъ бы предназначенъ только для выполненія внѣшней работы, то есть если бъ мы были только двигателями, то мы должны были считать себя, по крайней мѣрѣ, съ теоретической точки зрѣнія, машиной неэкономной; у насъ въ работу превращается лишь третья часть освобождающагося тепла. Дѣйствительно, современныя паровыя машины сильно конкурируютъ съ человѣческими. Тѣмъ не менѣе со времени введенія паровыхъ машинъ

число занятыхъ человѣческихъ рукъ не уменьшилось. Есть безконечный рядъ дѣятельностей, гдѣ бездушная машина совершенно непримѣнима. Усовершенствованіе нашихъ безжизненныхъ машинъ увлекаетъ человѣчество съ непреодолимой силой во все болѣе и болѣе высокія, требующія все большей и большей работы ума, области труда; онѣ ведутъ человѣчество къ облагороженію, хотя въ современную переходную стадію этой эволюціи мы можемъ этого почти и не замѣчать. Человѣчество все больше и больше сбрасываетъ съ плечъ бремя грубой, принижающей, чисто механической работы. Поэтому одной изъ наиболѣе высокихъ задачъ вождей современнаго культурнаго развитія является поднятіе широкихъ массъ, на которыя до сихъ поръ смотрѣли только какъ на рабочую силу, на болѣе высокую ступень образованія; такимъ путемъ удастся скорѣе всего сгладить неровности переходнаго періода: эти массы, получивъ доступъ къ болѣе высокимъ отраслямъ труда, уже не должны будутъ конкурировать съ нашими машинами.

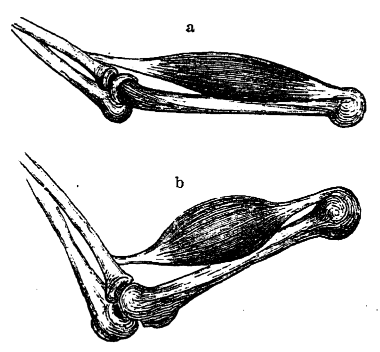
Выдѣленіе и потребленіе организмами тепла въ поясахъ жаркомъ и холодномъ протекаютъ, разумѣется, далеко не такъ, какъ у насъ. Подъ тропиками тѣло лучеиспускаетъ меньше, чѣмъ въ нашемъ умѣренномъ климатѣ, въ холодномъ поясѣ—наоборотъ, больше. Въ соотвѣтствіи съ этимъ подъ тропиками необходимо принимать пищу съ разсчетомъ на потерю въ теченіе сутокъ около 1800 калорій, въ холодномъ же поясѣ надо пополнять въ теченіе того же времени потерю въ 4500 единицъ тепла; жители холодныхъ странъ должны вводить въ себя углеродистыхъ питательныхъ веществъ почти вдвое. по сравненію съ тѣмъ количествомъ, которое необходимо для жителей тропиковъ. Отсюда любовь жителей крайняго сѣвера къ жирамъ: изъ всѣхъ питательныхъ веществъ жиры содержатъ наибольшія количества углерода и поддерживаютъ сгараніе въ тѣлѣ наилучшимъ образомъ.

Обильная пища, принимаемая въ холодныхъ странахъ, не только покрываетъ большую, нежели въ теплыхъ краяхъ, потерю тепла, но и увеличиваетъ работоспособность человѣка; въ сравнительно холодныхъ странахъ (не въ очень холодныхъ) человѣкъ можетъ работать больше, чѣмъ въ теплыхъ, гдѣ онъ начинаетъ засыпать. Изъ того, что мы говорили о вліяніи температуры на химизмъ бѣлка раньше (стр. 610), мы уже знаемъ, что противъ холода мы защищены лучше, чѣмъ противъ тепла.

Вслѣдствіе этого въ *культурной жизни человѣчества* можно усмотрѣть совершенно отчетливое *движеніе на сѣверъ*. Мы видимъ, что во времена доисторическія высшій расцвѣтъ культуры приходится на страну, лежащую на границѣ между жаркимъ и умѣреннымъ поясомъ; мы говоримъ объ Египтѣ. Далѣе затѣмъ, центръ культуры перемѣстился изъ Александріи въ Вавилонъ и Аѳины, оттуда въ лежащій еще далѣе на сѣверъ Римъ: наконецъ, черезъ Испанію, Францію, Великобританію онъ передвигался все далѣе и далѣе къ полюсу. Вполнѣ понятно, что сознательная жизнь впервые должна была обнаружиться тамъ, гдѣ природа предоставляла очеловѣчившемуся животному всѣ свои дары въ изобиліи, гдѣ такое существо могло проявить первые проблески сознанія играя. Но когда началась борьба за существованіе и выборъ наиболѣе работоспособныхъ, то оказалось, что существенныя преимущества на сторонѣ тѣхъ, кто въ состояніи переносить болѣе низкія температуры, такъ какъ при большей отдачѣ тепла (теплопотерѣ) приходится уравновѣшивать эту убыль и большимъ количествомъ пищи. Противъ большихъ жаровъ тѣло не могло бороться, не теряя чрезмѣрно большихъ количествъ своего матеріала, не лишаясь въ большой мѣрѣ своей работоспособности. Такимъ образомъ вопросъ о *приспособленіи къ болѣе холоднымъ климатамъ* является въ сущности *вопросомъ о питаніи*. Въ силу этого оказывается, что предѣлъ дальнѣйшему движенію культуры на сѣверъ ставитъ сама природа: чѣмъ дальше подвигаемся мы на сѣверъ, тѣмъ скуднѣе предоставляемое ею питаніе. Но если вопросъ о приготовленіи дешевыхъ питательныхъ веществъ, напримѣръ, хлѣба изъ дерева, будетъ когда-либо разрѣшенъ, человѣкъ съ особой энергіей побѣдоносно устремится на сѣверъ, под-

вигаясь до тѣхъ поръ, пока негостепріимная природа этихъ мѣстъ его не остановитъ.

Произвольную механическую работу, которая, будучи направляема разумомъ, является основой всей культуры, выполняютъ мускулы; они собственно и являются двигателями животныхъ организмовъ. Ихъ механизмъ упрощенъ до крайности: всѣ мускулы могутъ только сокращаться и потомъ снова разслабляться. На рисункѣ, помѣщенномъ выше, мы видимъ извѣстный всѣмъ мускулъ бицепсъ (двуглавая мышца), прикрѣпленный къ плечевой кости; его назначеніе вращать лучевую кость при сгибѣ въ локтевомъ сочлененіи. Двуглавая мышца дана тутъ въ двухъ видахъ: когда она не сокращена, разслаблена, и когда она сокращена и имѣетъ шарообразное утолщеніе, будучи соотвѣтственнымъ образомъ укорочена. Однимъ концомъ мышцы всегда прикрѣплены къ мѣсту, которое при сокращеніи ихъ не перемѣщается; такъ, двуглавая мышца прикрѣплена къ плечевому сочлененію, къ его неподвижной части. Другимъ концомъ мускулъ прикрѣпленъ къ движущейся кости. При сокращеніи мускула кость вращается въ локтевомъ сочлененіи до тѣхъ поръ, пока это позволяетъ сила и форма соотвѣтственныхъ костей. На слѣдующемъ рисункѣ (стр. 615) у насъ изображено положеніе бицепса с, при которомъ онъ огибаетъ шаровую выпуклость плечевой кости a въ локтѣ, благодаря чему онъ можетъ согнуть разогнутую руку. Кромѣ того, мы видимъ, что прикрѣпленіе къ лучевой кости b позволяетъ послѣдней отгибаться лишь до извѣстнаго предѣла. Механизмъ этихъ и другихъ подобныхъ приспособленій скелета не требуетъ особыхъ объясненій.



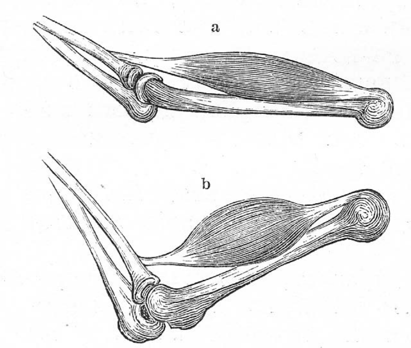
Бицепсъ (двуглавая мышца). a—въ состояніи разслабленія. b—сокращенный шарообразно. Изъ соч. Ранке „Человѣкъ".

Сокращеніе мускуловъ обусловливается нервнымъ раздраженіемъ. Во всѣхъ мускулахъ оканчиваются нервы, служащіе проводящими путями между головнымъ и спиннымъ мозгомъ. Самое нервное раздраженіе представляетъ собой, повидимому, очень слабый электрическій токъ, сопровождающійся несомнѣнно химической реакціей въ мускулахъ. Но механизмъ превращенія этого тока въ мгновенное часто весьма сильное движеніе мускула (мышцы) до сихъ поръ не выясненъ.

Мышечное вещество состоитъ изъ бѣлковой волокнистой ткани, исчерченной въ произвольно двигающихся мускулахъ тонкими поперечными полосами (см. рис. на стр. 615). Эти полосы состоятъ изъ очень маленькихъ частичекъ, вплетенныхъ въ общую ткань. Свѣтлыя и темныя части мускульныхъ волоконъ обладаютъ неодинаковыми свойствами, что сказывается и при прохожденіи сквозь нихъ свѣта: темное вещество двупреломляюще, свѣтлое преломляетъ свѣтовые лучи просто. Но, по нашимъ представленіямъ, такія явленія, какъ свѣтовыя и электрическія, то есть явленія, обусловленныя колебаніями эѳира, тождественны, а потому сѣрое и безцвѣтное мышечныя вещества, какъ обладающія неодинаковыми оптическими свойствами, должны непремѣнно обладать и неодинаковыми электрическими свойствами.

Такимъ образомъ, разъ нервное раздраженіе представляетъ собой явленіе электрическое, мы имѣемъ нѣкоторыя основанія думать, что сокращеніе произвольныхъ мышцъ обусловливается взаимнымъ притяженіемъ сѣрыхъ частицъ поперечныхъ полосъ. Дѣйствительно, поскольку мы въ состояніи прослѣдить, въ мышцахъ, работающихъ независимо отъ нашей воли, напримѣръ, въ мышцахъ сердца, такихъ полосъ нѣтъ; найдены также и переходныя формы мышцъ, среднія между сѣрымъ и безцвѣтнымъ мышечнымъ веществомъ.

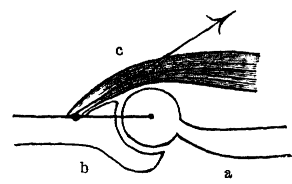
Мускулы обладаютъ необыкновенной упругостью. Какъ только нервное раздраженіе прекращается, они сами собой растягиваются и тѣмъ значительно облегчаютъ тѣлу его работу.



Бицепсъ (двуглавая мышца).

a—въ состоянiи разслабленiя. b—сокращенный шарообразно. Изъ соч. Ранке „Человѣкъ“.

Какими бы молекулярными процессами сокращеніе мускуловъ ни было обусловлено, производимая ими работа должна проявиться въ тѣлѣ непремѣнно въ формѣ химическихъ реакцій: выполненная мышцей работа или, что все равно, обусловленная ею потеря теплоты, можетъ быть выполнена только путемъ химической работы. Можно показать непосредственно, что мышца въ спокойномъ состояніи, имѣющая реакцію щелочную или нейтральную, послѣ дѣйствія обнаруживаетъ реакцію кислую: такимъ образомъ параллельно мышечной работѣ идутъ процессы окисленія. По всѣмъ мышцамъ проходятъ необыкновенно тонкіе кровеносные сосуды, доставляющіе имъ свѣжую кровь, при томъ тѣмъ обильнѣе, чѣмъ дольше продолжается ихъ дѣйствіе. Кровь удаляетъ изъ мышцъ продукты окисленія, такъ называемую мясомолочную кислоту, сходную съ обыкновенной молочной кислотой: кровь вымываетъ мускулъ и доставляетъ ему свѣжія питательныя вещества.



Прикрѣпленіе двуглавой мышцы въ локтевомъ сочлененіи. См. текстъ, стр. 614.

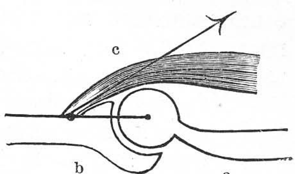
Если мускулъ работаетъ безпрерывно, то кровообращеніе не въ состояніи справиться съ мясомолочной кислотой, съ продуктами распада, обусловливающими утомленіе; это вещество въ мышцѣ накопляется, и она все больше и больше утрачиваетъ способность къ работѣ. Если дать мышцѣ въ теченіе извѣстнаго времени отдыхъ, кровь понемногу „вымоетъ“ мышцу, освободитъ ее отъ продуктовъ распада, и тогда она сможетъ работать вновь съ прежней силой. Быть можетъ, со временемъ удастся провести параллель между дѣйствіями мышцъ и аккумуляторовъ. Быть можетъ, мышцу медленно заряжаетъ протекающая по ней кровь; и подъ вліяніемъ нервнаго раздраженія, она, по мѣрѣ надобности, расходуетъ этотъ запасъ энергіи.

Тѣснѣйшимъ образомъ связаны съ мускулами кости; назначеніе мускуловъ приводить эти кости въ движеніе. Разрѣзъ кости, сдѣланный въ любомъ ея мѣстѣ, показываетъ, что на кость нельзя смотрѣть, какъ на безжизненную массу: сквозь каждую кость проходитъ множество каналовъ, по которымъ проходитъ кровь, поддерживающая ея питаніе или способствующая ея росту: кость непрерывно обновляетъ понемногу входящія въ ея составъ вещества. По нимъ проходятъ также нервы, которые такимъ образомъ тутъ особенно хорошо защищены (см. рисунокъ на стр. 616). Такъ внутри позвоночнаго столба находится спинной мозгъ, представляющій собой многосложный нервный аппаратъ, управляющій непроизвольными и такъ называемыми рефлекторными движеніями. Кости представляютъ собой также весьма сложную органическую часть человѣческаго тѣла; приспособленія, при помощи которыхъ онѣ исполняютъ разнообразныя свои назначенія, весьма замѣчательны. Объемъ нашего сочиненія не позволяетъ намъ болѣе подробно изслѣдовать относящіеся сюда факты, несмотря на то, что на нихъ можно было наблюдать рядъ интересныхъ приложеній чистой механики. Состоятъ кости изъ различныхъ известковыхъ соединеній, главнымъ же образомъ изъ фосфорнокислаго кальція (фосфорноизвестковой соли); кромѣ того, изъ входящихъ въ ея составъ соединеній слѣдуетъ упомянуть углекислый кальцій, далѣе небольшія количества кальція фтористаго и хлористаго и, наконецъ, фосфорнокислый магній. Связующимъ веществомъ является студенеобразное видоизмѣненіе бѣлка. Изъ этого вещества образуются сначала хрящи; хрящи сперва мягки и гибки; у человѣка въ твердое костное вещество они обращаются отчасти лишь спустя нѣсколько лѣтъ послѣ появленія его на свѣтъ. Каждая кость окружена надкостницей, отдѣленіями которой поддерживается ростъ уже отвердѣвшей кости. Кости связаны другъ съ другомъ въ сочлененіяхъ сухожиліями, то есть менѣе упругими связками; сухожилія, поддерживая кость, когда она находится въ состояніи покоя, сберегаютъ работу мышцъ. Какъ дѣйствуетъ въ этомъ отношеніи воздушное давленіе, мы уже указали на стр. 104.



Поперечно-полосатое мышечное волокно. Изъ соч. Ранке „Человѣкъ“. См. текстъ, стр. 614.

Всѣмъ этимъ рабочимъ механизмомъ человѣка, описаннымъ нами въ общихъ



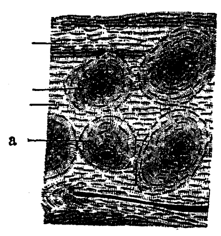
Прикрѣпленіе двуглавой мышцы въ локтевомъ сочлененіи. См. текстъ, стр. 614.



Поперечно-полосатое мышечное волокно. Изъ соч. Ранке „Человѣкъ". См. текстъ, стр. 614.

чертахъ, управляетъ нервная система; въ свою очередь она испытываетъ вліянія внѣшняго міра. Нервная система во всѣхъ отношеніяхъ вплоть до ея питанія общимъ токомъ крови представляетъ собой самостоятельный организмъ; тончайшія волокна ея проходятъ по всѣмъ частямъ человѣческаго тѣла. Устройство ея, отъ котораго зависитъ воспріятіе и переработка всѣхъ знаній, а, стало быть, и тѣхъ, которыя составляютъ предметъ этой книги, мы разобрали нѣсколько подробнѣе во введеніи; мы сдѣлали это потому, что знаніе функцій нервной системы должно было выяснить намъ степень достовѣрности воспріятій, получаемыхъ нами при ея посредствѣ. Мы можемъ поэтому сослаться на то, что было сказано нами по этому вопросу во введеніи, и ограничиться добавленіемъ слѣдующихъ подробностей.

Химическій составъ сѣраго и бѣлаго вещества, то есть нервныхъ клѣтокъ и нервныхъ волоконъ, собственно говоря, одинъ и тотъ же. Они отличаются только пропорціей образующихъ ихъ веществъ. Главнымъ образомъ состоятъ они изъ воды (84—70 процентовъ), бѣлка и особаго характернаго для нервной системы вещества протагона (Либрейхъ). Это вещество содержится всегда въ протоплазмѣ, въ томъ первичномъ веществѣ, изъ котораго выдѣлились всѣ вещества, образующія живые организмы. Изъ протагона, несомнѣнно, лишь послѣ того какъ организмъ уже отжилъ свой вѣкъ, выдѣляются находимыя въ мозговомъ веществѣ соединенія: лецитинъ, холестеринъ и церебринъ; во всѣхъ этихъ веществахъ фосфоръ содержится въ довольно большихъ количествахъ.

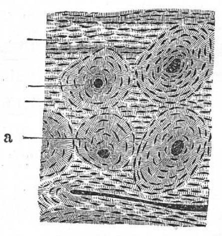


Поперечный разрѣзъ кости. а Каналы. См. текстъ, стр. 615.

Въ веществѣ нервовъ, какъ и въ мышцахъ, послѣ напряженной дѣятельности появляются извѣстные уже намъ продукты распада, обусловливающіе утомленіе; точно также нервы черезъ кровь выдыхаютъ углекислоту. Происходящія тутъ реакціи, независимо отъ того, представляютъ ли онѣ собой явленія чисто химическія или отчасти также и электрическія, совершенно подобны процессамъ, совершающимся въ мышцахъ. Продукты распада, образующіеся въ нервахъ, также вымываются постепенно кровью, именно, во время сна, послѣ котораго наше мозговое вещество, освѣжившись и очистившись, возстановляетъ способность воспринимать и работать.

Такимъ образомъ умственная работа, подобно работѣ физической, сопряжена съ окисленіемъ, съ потерей работоспособности организма. Отдѣлить отъ чисто духовной работы мышленія внѣшнюю работу нервовъ, передающихъ мозгу раздраженія внѣшнихъ органовъ или приводящихъ въ движеніе мускулы, совершенно невозможно. Мы не знаемъ, не происходитъ ли въ мозгу во время акта мышленія чисто механической работы, несмотря на то что ни внѣшніе органы чувствъ, ни другія части тѣла не совершаютъ никакихъ движеній. Допускаютъ, что мозговыя клѣтки, являющіяся матеріальными представителями ассоціацій мыслей, подъ вліяніемъ нашей воли приходятъ въ колебательное состояніе. Мы склонны присоединиться къ такому толкованію процесса мышленія въ виду того, что онъ дѣйствуетъ несомнѣнно утомительно, усыпляюще; подобно дѣятельности мышцъ, дѣятельность мозга возстановляется только покоемъ. Если бы при мышленіи и не совершалось никакой механической или молекулярной работы, то этотъ процессъ былъ бы трансцедентальнымъ актомъ, стоящимъ внѣ матеріи. Многіе изслѣдователи утверждаютъ, что мыслительная способность сама по себѣ никогда не ослабляется, что мы мыслимъ все время даже и во снѣ. Измѣняется только способность перенесенія мыслей сознанію. Такимъ образомъ матеріальнымъ актомъ нашего организма является доведеніе мысли до сознанія, а не сама мысль. Но тутъ мы подходимъ къ крайнимъ предѣламъ познаваемаго, потому что всѣ наши изслѣдованія могутъ опираться только на процессы матеріальные.

Нервная система связываетъ нашъ удивительный организмъ, устройство котораго мы теперь стремимся въ общихъ чертахъ прослѣдить, съ внѣшнимъ міромъ во всей безконечности его проявленій. Вспомнимъ о волнахъ эѳира, исходящихъ



Поперечный разрѣзъ кости. а Каналы. См. текстъ, стр. 615.

изъ звѣздъ на небесномъ сводѣ и попадающихъ въ нашу сѣтчатку, и испытывающихъ совершенно опредѣленное воздѣйствіе со стороны скопленій матеріи, движущихся на безгранично далекихъ отъ насъ разстояніяхъ, и мы поймемъ, что со всѣми этими мірами мы связаны матеріально; мы сами составляемъ часть этихъ міровъ, подобно тому, какъ клѣтка организма составляетъ часть насъ: невидимая вслѣдствіе своей малости клѣтка на конечности нашего пальца зависитъ отъ такой же невидимой клѣтки нашего головного мозга, а та послѣдняя въ свою очередь зависитъ въ большей или меньшей мѣрѣ отъ всѣхъ частей нашего тѣла. Мы имѣемъ полное право сравнить мельчайшія нервныя волоконца, оканчивающіяся во внѣшнихъ органахъ чувствъ, съ волоконцами корня растенія, которое вбираетъ при помощи ихъ изъ почвы пищу въ крайне измельченной формѣ, вводитъ ее въ внутренніе органы и тамъ подвергаетъ переработкѣ. Такъ собираемъ и перерабатываемъ мы окружающія насъ движенія матеріи, вводя ихъ внутрь насъ въ формѣ чувственныхъ впечатлѣній. Мы соединяемъ ихъ тамъ въ одно цѣлое; эти впечатлѣнія, подобно матеріальной пищѣ, должны при введеніи внутрь принять другую форму; только въ этомъ видѣ они могутъ быть доведены до центральнаго органа мышленія, въ которомъ они вновь соединяются воедино.

Органы пищеваренія также сначала переводятъ нерастворимыя питательныя вещества въ растворимыя соединенія, а потомъ превращаютъ ихъ въ разныхъ частяхъ организма въ нерастворимыя, въ мышечныя волокна, мясо, жиры, въ вещество, изъ котораго построены нервы и т. д.

Въ особенно тѣсныя отношенія вступаетъ человѣкъ при помощи нервной системы съ другими людьми; впрочемъ, сходные элементы всюду сходятся другъ съ другомъ чрезвычайно легко; это явленіе общее; мы наблюдаемъ подобные случаи въ природѣ мертвой, при образованіи различныхъ химическихъ соединеній, въ особенности же ясно при образованіи различныхъ кристалловъ; на этой низшей стадіи образованія матеріальныхъ скопленій такое взаимное тяготѣніе сходныхъ элементовъ можетъ быть объяснено чисто механическими причинами. Стать членомъ семьи, членомъ государства, частью единаго человѣчества, растущаго все болѣе и болѣе, пріобрѣтающаго все большее и большее значеніе, позволяетъ человѣку только его нервная система; умственныя способности одного становятся благодѣяніемъ для всѣхъ. Умственныя теченія мы воспринимаемъ отовсюду, со всѣхъ концовъ земного шара; ими мы пользуемся при построеніи нашего міровоззрѣнія. Нервныя волокна каждаго отдѣльнаго человѣка какъ бы находятся въ одной и той же питающей ихъ средѣ; одна и та же общая система сосудовъ доставляетъ имъ пищу, подобно тому, какъ въ нашемъ тѣлѣ кровообращеніе питаетъ всѣ разнородные органы. Но и этотъ органъ мышленія единаго человѣчества образовался изъ малыхъ элементовъ. Изъ матеріальной связи между матерью и ребенкомъ, видимой непосредственно при рожденіи, возникла духовная связь между двумя особями, материнская любовь; изъ нея вытекла любовь между членами одной и той же семьи, семьи стали соединяться въ колоніи и т. д. Въ настоящее время народы земли вступаютъ въ интернаціональныя соглашенія для достиженія нѣкоторыхъ общихъ цѣлей, напримѣръ, для установленія правильныхъ сообщеній.

Мы видѣли, что удивительный міръ распускался цвѣтомъ все болѣе и болѣе, становился все болѣе и болѣе совершеннымъ, по мѣрѣ того, какъ соединились между собой въ группы отдѣльные органы, отдѣльныя системы; низшія организаціи, изъ которыхъ каждая теряла при соединеніи съ другими часть своей самостоятельности, въ совокупности давали организмъ болѣе высокаго порядка. Эту эволюцію прошли первичные атомы, носившіеся свободно въ міровомъ пространствѣ, химическіе атомы и простыя молекулы вплоть до тѣхъ міровыхъ системъ, какія мы имѣемъ въ молекулахъ бѣлка и протоплазмы съ ихъ студенеобразными соединеніями; далѣе тѣ же ступени развитія прошли простѣйшія клѣтки и удивительное по организаціи человѣческое тѣло, единство котораго обусловливается существованіемъ въ немъ цѣлыхъ милліоновъ болѣе или менѣе самостоятельныхъ существъ. Люди образуютъ великій организмъ стремящагося къ единству человѣчества, въ которомъ каждый отдѣльный человѣкъ представляетъ лишь клѣтку, рабо-

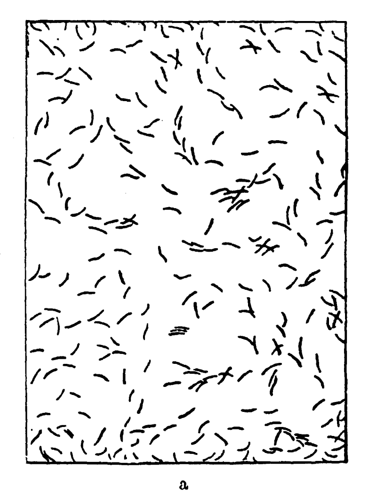
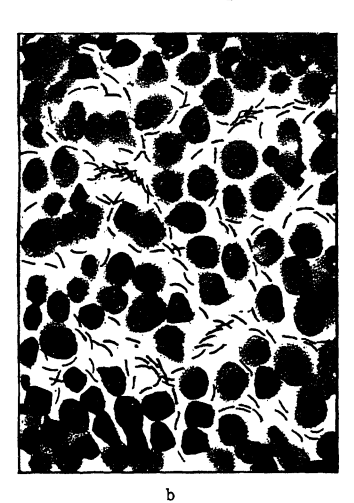
чую или мыслительную. Каждой части природа отводитъ свое мѣсто, гдѣ она и можетъ надлежащимъ образомъ функціонировать.

Подобно тому, какъ на развитіе человѣчества не оказываетъ вліянія смерть, ежедневно прекращающая дѣятельность цѣлыхъ тысячъ людей, въ томъ числѣ и такихъ, которыхъ мы считаемъ „незамѣнимыми", подобно тому, какъ въ человѣчествѣ идетъ непрекращающаяся смѣна рожденій и смертей, такъ и въ отдѣльномъ организмѣ погибаютъ ежечасно одни живыя единицы, уступая такимъ образомъ мѣсто другимъ, вновь народившимся. Главной задачей каждаго организма, всѣхъ его функцій вплоть до функцій духа, является своевременное устраненіе израсходованнаго и замѣщеніе выведенныхъ частей лучшими. Но такъ какъ развитіе цѣлаго требуетъ, чтобы отдѣльныя его части не были и не могли сохраняться вѣчно, то для ничѣмъ не задерживаемаго роста цѣлаго смерть является важнѣйшимъ изъ вспомогательныхъ средствъ. Если признать идею Дарвина, что въ борьбѣ за существованіе выживаетъ наилучшее, то мы должны будемъ допустить, что каждый умирающій организмъ замѣщается лучшимъ и что смерть улучшаетъ тотъ бóльшій организмъ, частью котораго является организмъ меньшій. Это выростаніе и паденіе, этотъ непрекращающійся обмѣнъ веществъ, этотъ круговоротъ между различными существующими формами въ природѣ, можно прослѣдить повсюду. Мы видимъ обращенія свѣтилъ, смѣну однихъ ледниковыхъ періодовъ на землѣ другими, зиму и лѣто, день и ночь, сонъ и бодрствованіе. Перемѣщеніе слоевъ земли при горообразованіи, могучій круговоротъ жизненныхъ соковъ въ нашей органической природѣ, круговоротъ воды, построеніе и движеніе матеріи въ ея неорганизованныхъ формахъ, перемѣщеніе ея при помощи тѣлъ растеній въ организмы животныхъ и ихъ возвратъ въ общую питательную почву, — все это тѣ же волнообразныя колебанія вещества, его подъемъ вверхъ и опусканіе внизъ. Всѣ эти совершающіяся въ природѣ превращенія являются результатомъ повышеній жизнедѣятельности въ общемъ смыслѣ этого слова, покачиванія между новообразованіемъ и гніеніемъ. Поэтому гніеніе является физіологическимъ факторомъ столь же важнымъ, какъ и созидательная дѣятельность органовъ, съ орудіями которыхъ мы только что познакомились.

При посредствѣ гніенія органическія соединенія высокой организаціи снова превращаются въ простыя неорганизованныя. Мы говоримъ не только о тѣхъ немногихъ минеральныхъ веществахъ, которыя впитываются растеніями изъ почвы, мы главнымъ образомъ имѣемъ въ виду обратный переходъ органогеновъ изъ ихъ соединеній въ углекислоту, воду и амміакъ. Какъ мы видѣли, уже обмѣнъ веществъ въ животномъ организмѣ даетъ углекислоту и воду, которыя выводятся при посредствѣ крови; умираютъ постоянно клѣтки, и въ живыхъ организмахъ продукты распада должны быть выведены.

Если образованіе органическихъ соединеній приписывать дѣйствію таинственнаго жизненнаго процесса, то распаденіе ихъ, при прекращеніи жизни организма, должно наступить, помимо вліянія какихъ бы то ни было постороннихъ причинъ, но мы постараемся подойти къ причинамъ такого перехода вещества въ прежнее состояніе, исходя изъ тѣхъ же положеній, какія намъ служили отправной точкой при нашихъ попыткахъ выясненія процесса образованія соединеній. Гніеніе и распадъ въ умершемъ организмѣ далеко не обязательны при всѣхъ условіяхъ. Мы сохраняемъ животныхъ въ спирту; замороженное мясо въ такомъ состояніи сохраняетъ свою свѣжесть въ теченіе неопредѣленнаго времени; въ арктическихъ странахъ такое храненіе мяса возможно, несмотря на сравнительно высокія температуры тамошняго лѣта. На Шпицбергенѣ оленье мясо можетъ оставаться по цѣлымъ мѣсяцамъ на солнцѣ и воздухѣ при температурѣ 5—10° градусовъ тепла, не теряя своей свидѣтельствующей о свѣжести красной окраски и совершенно не загнивая; рыба, которая у насъ отъ тепла такъ легко портится, тамъ сохраняетъ свою свѣжесть въ теченіе очень продолжительнаго времени. Уже этихъ фактовъ достаточно, для того, чтобы понять, что гніеніе обусловливается присутствіемъ микроорганизмовъ; эти микроорганизмы въ алкоголѣ и въ другихъ служащихъ для препарированія жидкостяхъ погибаютъ, подъ вліяніемъ же холода

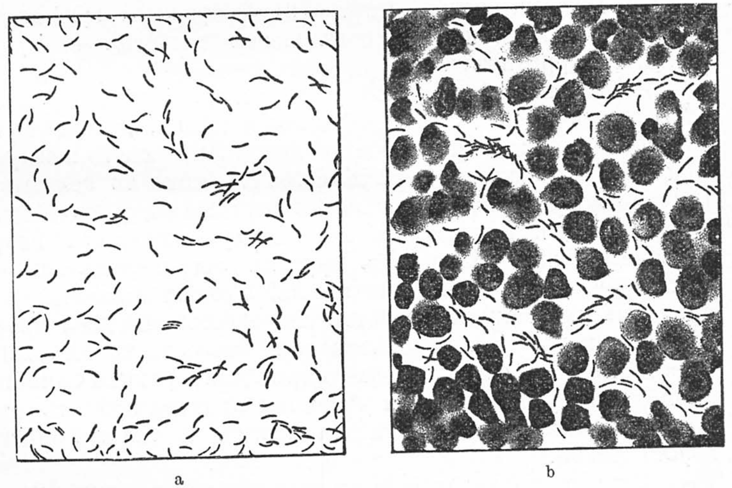
ослабляютъ свою дѣятельность, благодаря чему въ арктическихъ странахъ они встрѣчаются въ количествахъ гораздо меньшихъ, нежели у насъ. Такимъ образомъ гніеніе очень похоже на процессъ горѣнія; мы даже въ правѣ считать броженіе началомъ гніенія растительныхъ продуктовъ. Сложная молекула виноградного сахара подъ вліяніемъ извѣстныхъ намъ бродильныхъ грибковъ распадается на болѣе простыя молекулы, молекулы алкоголя, при чемъ получаются также углекислота и вода, эти характерные для разложенія всякихъ органическихъ соединеній продукты. Поэтому мы могли бы съ полнымъ правомъ назвать спиртъ продуктомъ гніенія сахара, а уксусъ продуктомъ гніенія алкоголя. **Пищевареніе** на первыхъ его стадіяхъ также слагается изъ разложеній, обусловленныхъ дѣйствіемъ ферментовъ, стало быть, въ основѣ его лежатъ также броженія. Введенныя питательныя вещества сначала растворяются; во время этого процесса, подъ вліяніемъ пищеварительныхъ соковъ, содержащихъ возбудителей броженія, они распадаются на болѣе простыя соединенія. Впервые процессъ образованія химическихъ соединеній замѣтно проявляется лишь въ кишечныхъ ворсинкахъ. Неусвоенныя вещества претерпѣваютъ дальнѣйшее разложеніе; тѣ процессы, которые начинаютъ совершаться въ тѣлѣ животнаго съ этого момента, мы называемъ уже гніеніемъ; уже въ прямой кишкѣ загниваютъ быстро распадающіеся продукты выдѣленій; это распаденіе обусловлено дѣйствіемъ микроорганизмовъ, оказывающихъ на ходъ жизненныхъ процессовъ гораздо большее вліяніе, чѣмъ то было принято думать еще нѣсколько десятковъ лѣтъ тому назадъ.

a b

Бактеріи. a—бактеріи въ питьевой водѣ, b—бактеріи туберкулоза. См. текстъ, стр. 620.

Теперь мы въ правѣ сказать, что безъ нихъ не могла бы поддерживаться и жизнь. Повсюду находятся бактеріи; бактеріи эти, являющіяся организмами, подобными только что описаннымъ, служатъ возбудителями смертоносныхъ болѣзней. Мы снова видимъ, съ какой точностью природа разграничиваетъ функціи въ живомъ организмѣ. Микроорганизмы, которые по всѣмъ своимъ внѣшнимъ свойствамъ, характеру и виду другъ на друга чрезвычайно похожи, въ одномъ случаѣ способствуютъ питанію и сохраненію организма, въ другомъ — дѣйствуютъ на него страшно разрушительно. Бактеріи самыхъ разнообразныхъ родовъ имѣютъ весьма важное для здороваго организма назначеніе: они поддерживаютъ начавшееся разложеніе, отдавая мертвой природѣ со всей возможной быстротой тѣ продукты, которые въ борьбѣ со здоровымъ тѣломъ оказались неустойчивыми и изъ которыхъ по разложеніи можетъ быть тотчасъ же построено нѣчто лучшее. Совершенно здоровому организму бактеріи, если только онѣ, какъ это бываетъ при эпидеміяхъ, не попадаютъ въ него въ слишкомъ большихъ количествахъ, не вредятъ. Вредныя бактеріи, попадающія въ организмъ, тотчасъ же уничтожаются бѣлыми кровяными шариками, не успѣвъ основать ни въ легкихъ, ни въ кишкахъ, ни въ другихъ органахъ своихъ колоній, не образовавъ очаговъ болѣзней; благодаря своей необыкновенной способности къ размноженію путемъ дѣленія, онѣ могутъ, укрѣпившись въ одномъ мѣстѣ организма, распространиться по всѣмъ его частямъ, пересиливъ поддерживающее жизнь противодѣйствіе, которое въ здоровомъ организмѣ обла-



Бактеріи. a—бактеріи въ питьевой водѣ, b—бактеріи туберкулоза. См. текстъ, стр. 620.

даетъ весьма значительной силой. Если органы пищеваренія, легкія и кровь здоровы, чего можно во многихъ случаяхъ достигнуть при помощи соотвѣтственнаго режима и здороваго образа жизни, то во время эпидемій тѣло само сумѣетъ защитить себя отъ бактерій.

Мы знаемъ, что каждая заразная болѣзнь, которую можно разматривать какъ гніеніе органовъ въ живомъ организмѣ, имѣетъ своего особаго возбудителя; точно такъ же разнаго рода броженія имѣютъ своихъ особыхъ возбудителей. Отъ собственно бактерій, которыя являются возбудителями болѣзней, отличаютъ растенія-дробянки, къ числу которыхъ принадлежатъ, напримѣръ, дрожжевые грибки, обусловливающіе спиртовое броженіе (см. рисунокъ на стр. 469). Но грибокъ, обусловливающій пивное броженіе, не можетъ превратить виноградъ въ вино, а тотъ грибокъ, которымъ пользуются при выдѣлкѣ вина, не можетъ перевести вино въ уксусъ. Большая часть такихъ грибковъ носится въ воздухѣ, и потому, если оставить соотвѣтственную жидкость на воздухѣ открытой, то она какъ бы сама собой начнетъ бродить; заразныя болѣзни начинаются тоже какъ бы сами собой. У насъ на рисункѣ (стр. 619) изображены грибки двухъ родовъ: одни изъ нихъ встрѣчаются постоянно въ нашей питьевой водѣ, другіе — страшныя бациллы „туберкулоза“.

Всѣ эти грибки, включая сюда и тѣ большіе организмы, которые извѣстны подъ этимъ именемъ и въ обыденной жизни, по своимъ химико-физіологическимъ функціямъ занимаютъ особое промежуточное мѣсто между растеніями и животными. Они не содержатъ въ себѣ хлорофилла, какъ то показываетъ ихъ окраска, и потому не могутъ, подобно прочимъ растеніямъ, расщеплять углекислоты, благодаря этому они должны получать необходимую пищу изъ неорганической природы не непосредственно. Такъ безъ другихъ организмовъ они существовать не могутъ, они обречены на жизнь хищниковъ, подобно настоящимъ животнымъ; химическіе процессы ихъ обмѣна веществъ совершенно подобны процессамъ, совершающимся въ животныхъ. Этимъ объясняется способность ихъ жить соками тѣла чужого животнаго безъ свѣта, необходимаго для другихъ животныхъ. Благодаря занимаемому ими мѣсту, грибы являются промежуточнымъ звеномъ между міромъ органическимъ и неорганическимъ и такимъ образомъ замыкаютъ круговоротъ жизни.

Однимъ изъ характерныхъ свойствъ этихъ микроскопическихъ замѣчательныхъ организмовъ является ихъ способность размножаться лучше всего при температурѣ крови, то есть между 37^0 и 40^0 градусами; этимъ свойствомъ обусловливаются какъ полезныя дѣйствія ихъ, такъ и вредоносныя. Какъ ни странно, холодъ дѣйствуетъ на нихъ губительнѣе, нежели теплота; найдены грибки, которые не теряютъ своей жизнеспособности даже въ кипящей водѣ; они прекрасно уживаются въ горячей водѣ одного изъ источниковъ на Везувіи, содержащей сравнительно много сѣрной кислоты.

Въ тѣхъ ферментахъ, которые обусловливаютъ пищевареніе въ тѣлахъ животныхъ, особыхъ грибковъ еще не найдено. Но они поддерживаютъ, какъ это мы видѣли уже на примѣрѣ съ слюной (стр. 601), броженіе совершенно такимъ же образомъ какъ дрожжевые грибки, а потому мы въ правѣ предполагать, что въ такихъ „несформировавшихся ферментахъ“ (энцимахъ) подобнаго рода микроорганизмы въ концѣ концовъ найдены будутъ. Въ живыхъ клѣткахъ эти ферменты образуются сами собой; подобно грибкамъ, они содержатъ больше азота, чѣмъ настоящія растенія. Въ этомъ отношеніи они приближаются къ животнымъ, что же касается ихъ организаціи и ихъ функцій, то тутъ они стоятъ на несравненно болѣе низкой ступени, чѣмъ большинство растеній.

Тамъ, гдѣ начинается процессъ собственно гніенія, появляются и настоящіе грибки, видимые глазомъ; мы видимъ это при разложеніи бѣлковыхъ веществъ. Въ каждой молекулѣ бѣлка имѣется по атому сѣры; при разложеніи этотъ атомъ сѣры соединяется съ выдѣляющимся водородомъ и даетъ дурно пахнущій сѣроводородъ, тотъ газъ, запахъ котораго характеризуетъ разложеніе животныхъ веществъ. Растенія, напротивъ того, содержатъ бѣлка мало; газообразные продукты

гніенія растеній состоятъ изъ углеводородовъ, главнымъ образомъ, изъ простѣйшаго болотнаго газа (см. стр. 452). Сверхъ того, въ болѣе далекихъ стадіяхъ разложенія выдѣляются (въ животныхъ остаткахъ въ большихъ количествахъ, въ растительныхъ — въ меньшихъ) еще амміакъ, азотистая и азотная кислота, придающіе гніющему веществу рѣзкій запахъ.

Весьма вѣроятно, что благодаря въ значительной степени тѣмъ же бактеріямъ, азотъ, находящійся въ живыхъ растеніяхъ и животныхъ въ связанномъ состояніи, выходитъ изъ круговорота жизни не въ газообразномъ состояніи, какъ прочіе образовавшіе организмъ органогены, выдѣляющіеся, по крайней мѣрѣ, отчасти въ формѣ газовъ. Химическая инертность разъ выдѣлившагося азота значительна; организмы не могутъ присоединить его къ себѣ органически прямо изъ воздуха. Всѣ тѣ удивительныя химическія силы, которыя, какъ мы видѣли, въ живыхъ тѣлахъ образуютъ необыкновенно сложныя соединенія, оказываются недостаточно могущественными для прикрѣпленія этого недѣятельнаго элемента. Если бы азотъ при гніеніи выдѣлялся подобно другимъ составнымъ частямъ организмовъ, то это повлекло бы за собой медленное, но вѣрное прекращеніе всей жизни. Благодаря присутствію селитрянаго фермента, азотъ вмѣстѣ съ кислородомъ воздуха даетъ азотную кислоту, которая впитывается въ землю и тамъ образуетъ необходимыя почвѣ азотнокислыя соединенія, въ особенности же селитру (см. также стр. 434).

По окончаніи такого распада всѣ вещества снова возвращаются въ природу неорганическую. Круговоротъ вещества сначала безжизненнаго, потомъ при помощи растеній перешедшаго въ животныхъ, послужившаго для образованія нашихъ мозговыхъ клѣтокъ, въ которыхъ отражается весь міръ съ его вѣчными превращеніями, благодаря присутствію грибковъ завершился переходомъ въ то же безжизненное тѣло земли. Съ тѣхъ поръ, какъ жизнь существуетъ на нашей планетѣ, такихъ круговоротовъ свершилось безчисленное множество, и такъ какъ жизнь стремится къ все болѣе и болѣе совершеннымъ формамъ, то и круговороты эти пріобрѣтали все большіе и большіе размѣры, становясь тѣми камнями, изъ которыхъ природа могла строить все болѣе и болѣе совершенныя существа съ все болѣе и болѣе цѣннымъ назначеніемъ. При этомъ совершенствовался и самый матеріалъ. Химическій составъ перегноя, получающагося теперь въ землѣ благодаря процессамъ гніенія, способствуетъ развитію растительнаго міра куда больше, чѣмъ та каменистая почва, на которой должны были пріютиться первыя растенія. Матерія съ каждымъ новымъ круговоротомъ, точно проходя сквозь мельницу, все больше и больше измельчается, все лучше и лучше подготовляется къ тому, чтобы дать живущимъ въ ней организмамъ возможность развиться наиболѣе совершеннымъ образомъ. То, что мы называемъ круговоротами, въ дѣйствительности представляетъ собой спирали, и по этимъ то спиральнымъ линіямъ и идетъ развитіе природы, образованіе все болѣе и болѣе высокихъ формъ. Наклонъ въ этихъ спираляхъ весьма неодинаковъ, но, по большей части, вѣтви спуска круче тѣхъ вѣтвей, по которымъ совершается подъемъ,—разрушать всегда легче, нежели созидать. Поэтому процессъ развитія очень часто отъ нашего наблюденія ускользаетъ. Намъ приходится видѣть вырождающіяся поколѣнія, но совершенствованіе организмовъ въ борьбѣ за существованіе въ томъ смыслѣ, въ какомъ ее понимаетъ Дарвинъ, происходитъ настолько медленно, что фактъ существованія этого наиболѣе естественнаго изъ всѣхъ законовъ природы могутъ оспаривать постоянно. Въ дѣйствительности же, дѣйствіе этого закона усматривается во всѣ моменты роста природы. Атомы, безъ какого бы то ни было съ ихъ стороны желанія или нежеланія, обусловливающіе въ мірѣ живыхъ организмовъ борьбу за наиболѣе выгодное мѣсто, стремятся образовать съ другими атомами наиболѣе совершенное, наиболѣе устойчивое соединеніе, слѣдуя только тѣмъ простѣйшимъ законамъ механики, которые не требуютъ никакихъ объясненій. Болѣе сильное химическое соединеніе, то есть то строеніе, которое прочнѣе, разбиваетъ болѣе слабое на части и, присоединивъ ихъ къ себѣ, образуетъ болѣе крупное, болѣе совершенное соединеніе. Молекулы образуютъ въ соединеніи

другъ съ другомъ удивительныя системы, строенія которыхъ, при всей ничтожности ихъ размѣровъ, не позволяющей разглядѣть ихъ даже въ микроскопъ, въ виду ихъ сложности, мы даже не въ состояніи установить. Системы становятся все болѣе и болѣе разнообразными, все болѣе и болѣе работоспособными, ихъ власть надъ окружающей средой все увеличивается и такъ идетъ вплоть до человѣка, который начинаетъ подчинять себѣ самую природу.

Но до этой высоты дошла только неизмѣримо малая часть составляющей безконечное мірозданіе матеріи. Если-бъ мы могли допустить, что жизнь существуетъ и на другихъ окружающихъ насъ свѣтилахъ, хотя развитіе ея протекало тамъ, быть можетъ, путями совершенно отличными отъ нашихъ, то все же существовать она можетъ лишь на поверхности такихъ тѣлъ. Масса ихъ въ возникновеніи жизни изъ мертвой матеріи участія не принимаетъ.

Мы подымаемся такимъ образомъ на ту болѣе высокую ступень творенія, на которой небесныя свѣтила занимаютъ мѣсто атомовъ; все, что происходитъ на такомъ тѣлѣ, теряетъ всякое значеніе, по сравненію съ той важной задачей, которую предстоитъ выполнить всѣмъ небеснымъ тѣламъ, принимающимъ участіе въ образованіи болѣе крупныхъ системъ, по сравненію съ той задачей, при выполненіи которой отдѣльныя свѣтила можно уподобить атомамъ углерода при образованіи ими молекулы бѣлка. Жизнь на поверхностяхъ такихъ небесныхъ свѣтилъ требуетъ извѣстныхъ приспособленій отъ этихъ болѣе крупныхъ міровыхъ системъ: необходимо, чтобы тѣло, на которомъ находятся живыя существа, вращалось, чтобы до него доходили свѣтъ и теплота управляющаго ими солнца. Въ жизни же, которая только паразитарно пріютилась на поверхности свѣтилъ, сами свѣтила, поскольку они сообща стремятся къ ихъ великой невѣдомой намъ цѣли, не нуждаются.

3. Небесныя свѣтила.

Жизнь, вплоть до мельчайшихъ ея проявленій, зависитъ отъ астрономическихъ и астрофизическихъ условій мѣста ея возникновенія. О дѣйствіи солнечнаго свѣта на міръ растеній намъ приходилось говорить уже не разъ. Мы знаемъ, что отъ температуры среды зависятъ всѣ химическія реакціи, въ особенности же сказывается вліяніе температуры на процессахъ обмѣна веществъ, совершающихся въ организмахъ. Мы уже указывали на важность непрекращающейся смѣны этого рода обстоятельствъ. Эти обстоятельства обусловливаютъ чередованіе дней и ночей, лѣта и зимы и періодовъ еще болѣе значительныхъ, которыми обусловлена смѣна ледниковыхъ періодовъ и мощныя перемѣщенія матеріи на поверхности земли, возобновляющія почву, съ теченіемъ времени истощенную совершавшимся на ней жизненнымъ процессомъ; морской бассейнъ подвергается дѣйствію солнечнаго свѣта, а нѣкоторыя части суши опускаются подъ воду. Но такому обновленію еще въ большей мѣрѣ, нежели земля, должна подвергаться вода, составляющая наиболѣе важную часть всякаго организма. Вода бѣжитъ въ океанъ тысячью ручьевъ и рѣкъ, — такъ возвращается въ сердце венная кровь. Только солнце въ состояніи поднять очистившуюся воду вновь на облака и оттуда оросить ею землю, чтобы придать всѣмъ источникамъ ея, пользующимся силой солнца, новую свѣжесть. Этой силой пользуются на землѣ всѣ, начиная съ самой мелкой рыбки и кончая человѣкомъ, съ его огромными двигателями, при помощи которыхъ онъ совершаетъ въ пловучихъ дворцахъ-гигантахъ кругосвѣтныя плаванія. Мы видѣли, что въ живыхъ машинахъ, въ организмахъ, работаютъ скрытыя въ молекулахъ химическія силы; при изслѣдованіи же большихъ движеній, совершающихся на землѣ и надъ ней, обусловленныхъ дѣйствіемъ космическихъ явленій, мы встрѣчаемся по преимуществу съ силами физическими.

Прослѣдить соотношеніе силъ тутъ гораздо легче, чѣмъ въ невидимомъ мірѣ атомовъ. Создалась особая отрасль знанія, геофизика, наука о космическихъ явленіяхъ; мы бѣгло ознакомимся съ основными положеніями этой науки, такъ какъ въ охватываемой ею области мы имѣемъ дѣло съ наибо-

лѣе яркими проявленіями физическихъ силъ въ непосредственномъ нашемъ сосѣдствѣ.

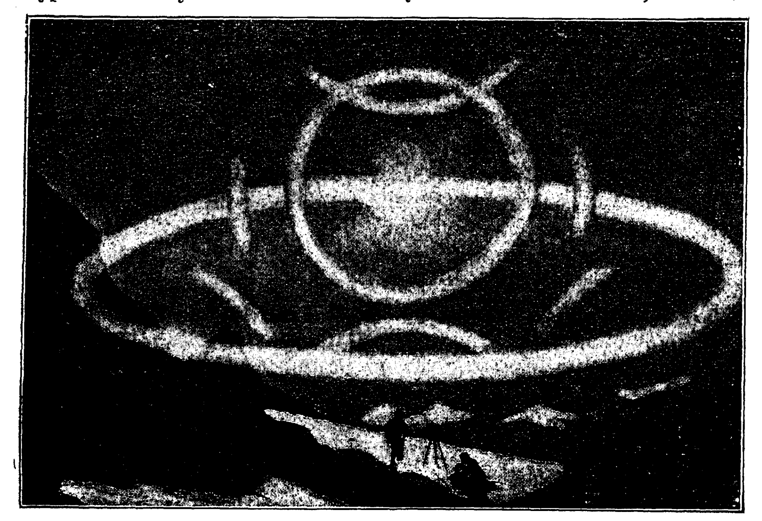
Наиболѣе замѣтнымъ изъ явленій этого рода надо признать круговоротъ воды, этой, такъ сказать, крови земного организма. Со всѣхъ концовъ земли собирается она въ широкихъ устьяхъ, уставшихъ отъ выполненной работы, уже лѣниво текущихъ потоковъ и оттуда попадаетъ въ морскіе бассейны, гдѣ и очищается. Всѣ примѣси осѣдаютъ на дно моря или еще раньше въ рѣкахъ. Сверхъ того, очищающимъ, до извѣстной степени, оздоровляющимъ образомъ дѣйствуютъ содержащіяся въ морской водѣ соли; благодаря этому, морская вода никогда не загниваетъ. Но круговоротъ воды существуетъ и въ самомъ морѣ, всѣ части его обмѣниваются другъ съ другомъ мѣстами постоянно. Этотъ круговоротъ является необходимымъ слѣдствіемъ общаго физическаго закона, согласно которому тѣла при нагрѣваніи расширяются, а при охлажденіи сжимаются. Вода, получающаяся изъ тающихъ льдовъ на полюсахъ, опускается на морское дно и, направляясь къ экватору, течетъ по углубленіямъ морского дна, напоминая въ этомъ отношеніи наши рѣки на поверхности земли. На экваторѣ она мало-по-малу нагрѣвается и подымается наверхъ, вода же, нагрѣтая солнцемъ, опускается внизъ и направляется къ полюсамъ. Круговоротъ воды своимъ уравнивающимъ дѣйствіемъ отзывается благодѣтельнымъ образомъ и на атмосферѣ. Подъ тропиками морская вода, по большей части, холоднѣе воздуха, въ холодныхъ поясахъ наоборотъ теплѣе его и сообщаетъ ему избытокъ своей теплоты. Морской климатъ благодаря этому — климатъ умѣренный.

Въ данномъ случаѣ мы также можемъ усмотрѣть извѣстное сходство съ кровообращеніемъ: круговоротъ воды уравниваетъ температуру на земной поверхности, — поддержаніе одной и той же температуры въ организмѣ является одной изъ главнѣйшихъ функцій кровообращенія. Этотъ круговоротъ въ значительной мѣрѣ усиливаютъ морскія теченія, которыя, подобно направленію наиболѣе важныхъ вѣтровъ, обусловливаются прежде всего вращательнымъ движеніемъ земли.

Подъ вліяніемъ солнечныхъ лучей часть воды на поверхности океана должна испариться. Такое испареніе должно тутъ происходить постоянно независимо отъ температуры, оно связываетъ большое количество тепла, которое производитъ зато свое уравнивающее дѣйствіе. Этотъ процессъ важенъ въ томъ отношеніи, что при немъ матерія, входящая въ составъ земли, впитываетъ въ себя новыя количества солнечной энергіи, но на этотъ разъ дѣйствуютъ не химическія силы, какъ въ растеніяхъ, а физическія. Поршень колоссальной машины, земли, приподнятъ дѣйствіемъ воды; затраченная при этомъ сила превращается въ кинетическую энергію, которая носится надъ нами въ облакахъ, готовая ежеминутно проявить себя благодѣтельнымъ дождемъ или инымъ уже вредоноснымъ дѣйствіемъ. Молекулы воды, освободившись, уносятся воздушнымъ токомъ, обусловленнымъ, подобно морскимъ теченіямъ, дѣйствіемъ солнечныхъ лучей и вращеніемъ земли, вверхъ, въ тѣ части атмосферы, гдѣ лучеиспусканіе земли теплоты сообщить имъ уже не можетъ. Водяной паръ сгущается, превращается въ туманъ; жидкая вода при этомъ пристаетъ къ маленькимъ пылинкамъ, какъ роса къ стеблю травы. Теперь только начинаетъ дѣйствовать притяженіе земли: оно заставляетъ воду падать на землю, то есть заставляетъ ее проявить накопленную въ ней энергію въ формѣ внѣшней механической работы. Но передъ тѣмъ какъ достигнуть поверхности земли, вода претерпѣваетъ обыкновенно еще цѣлый рядъ круговоротовъ въ этихъ верхнихъ слояхъ атмосферы. Падающій на землю пузырекъ воды вскорѣ попадаетъ въ мѣста, обладающія для превращенія его снова въ паръ достаточно высокой температурой, и онъ снова начинаетъ подыматься вверхъ. Это превращеніе воды въ паръ происходитъ на совершенно опредѣленной высотѣ, причемъ тамъ во всѣхъ остальныхъ отношеніяхъ атмосфера пріобрѣла всюду уже совершенно одинаковый характеръ. Въ этихъ мѣстахъ облака часто представляются какъ бы обрѣзанными снизу по горизонтальной прямой. Облака могутъ въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени сохранять свою форму, и тѣмъ не менѣе превращенія въ нихъ ни на минуту не прекращаются. Изъ каждаго

облака дождь идетъ все время, только онъ не всегда до насъ можетъ дойти; можетъ случиться, что, дойдя, при паденіи внизъ, до извѣстнаго мѣста, онъ снова превратится въ паръ, подобно тому какъ наверху сгущаясь онъ превращается въ воду. Но если содержаніе воды въ воздухѣ весьма велико и облако увеличивается въ своихъ размѣрахъ значительно, то падающіе внизъ пузырьки тумана встрѣчаются и соединяются другъ съ другомъ все чаще и чаще. Чѣмъ больше они становятся, тѣмъ меньшее сопротивленіе оказываетъ имъ при паденіи воздухъ; капли проходятъ сквозь облако быстрѣе, все чаще и чаще соединяясь съ другими каплями; наконецъ, онѣ становятся настолько большими и тяжелыми, что могутъ пройти сквозь нижній теплый слой воздуха, не превратившись при этомъ въ паръ, и тогда онѣ долетаютъ до земли въ формѣ дождя.

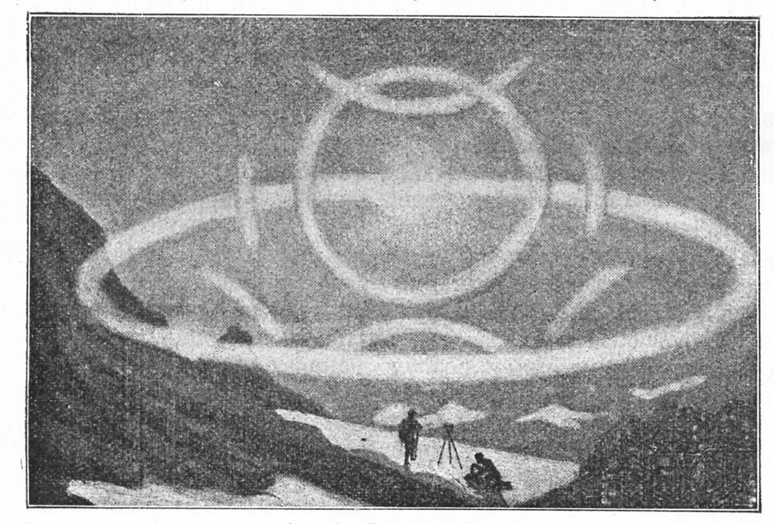
Часто водяной паръ подымается до тѣхъ слоевъ атмосферы, гдѣ температура ниже нуля. Въ этомъ случаѣ на пылинкахъ, носящихся въ воздухѣ, осаждается не роса, а иней; пылинки служатъ мѣстомъ начала кристаллизаціи; образуется снѣгъ. Вода выкристаллизовывается въ кристаллахъ гексагональной системы. Основу прелестныхъ снѣжныхъ звѣздочекъ (см. рисунокъ на стр. 533) составляютъ иголочки о шести ребрахъ; такія иголочки на этой высотѣ носятся въ воздухѣ отдѣльно одна отъ другой; только потомъ онѣ сбиваются въ системы большихъ размѣровъ, въ снѣжныя хлопья. Подобно пузырькамъ тумана, непрерывно падаютъ и эти иголочки; при паденіи своей длинной осью онѣ всегда направлены внизъ, то есть по отвѣсу, потому что при этомъ положеніи воздухъ оказываетъ имъ наименьшее сопротивленіе. Можно точно предвычислить дѣйствіе, которое должно оказать скопленіе такихъ шестиугольныхъ звѣздочекъ на проходящій сквозь него солнечный лучъ; оказывается, что обусловленное такимъ скопленіемъ преломленіе солнечныхъ лучей даетъ явленіе, извѣстное подъ именемъ побочныхъ солнцъ и лунъ, и особенно часто встрѣчающееся въ полярныхъ странахъ. Вокругъ этихъ свѣтилъ образуются кольца діаметромъ въ 22 и 46 градусовъ; кромѣ этихъ главныхъ колецъ появляются еще и другія системы колецъ, пересѣкающихъ первыя (см. рисунокъ выше). Тамъ, гдѣ два такихъ кольца, выдѣляющихся на общемъ фонѣ сравнительно слабо, пересѣкаются, мы видимъ особенно яркія мѣста, которыя носятъ названіе побочныхъ солнцъ. Такихъ побочныхъ солнцъ можетъ появиться, стало-быть, сразу четыре и болѣе.



Круги вокругъ солнца (гало). Явленіе наблюдалось у подошвы горы, въ Теди (Швейцарія) 26 мая 1901 г. По Рюмкеру. См. текстъ ниже.

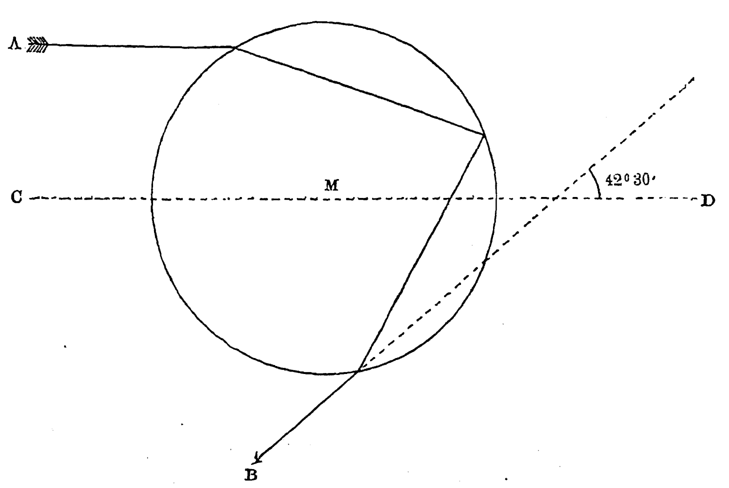
Выдѣливъ изъ раствора квасцовъ ихъ кристаллы, принадлежащіе, подобно ледянымъ, къ системѣ гексагональной, и пропустивъ черезъ такой растворъ со взвѣшенными въ немъ кристалликами свѣтовой лучъ, Корню получилъ совершенно такое же явленіе, тѣ же круги, тѣ же угловыя соотношенія.

По совершенно тѣмъ же причинамъ взвѣшенныя въ воздухѣ дождевыя капли даютъ радугу (см. отдѣльн. прилож. къ стр. 87). Когда солнечные лучи попадаютъ на дождевую каплю, часть ихъ должна претерпѣть на внутренней ея поверх-

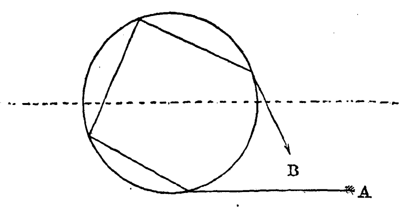


Круги вокругъ солнца (гало). Явленіе наблюдалось у подошвы горы, въ Тёди (Швейцарія) 26 мая 1901 г. По Рюмкеру. См. текстъ ниже.

ности полное внутреннее отраженіе; при этомъ опредѣляется само собой нѣкоторое, зависящее отъ показателя преломленія воды, направленіе, по которому попадаетъ въ глазъ большая часть лучей (см. чертежъ ниже). Въ виду неодинаковой преломляемости лучей различныхъ цвѣтовъ, уголъ, образуемый лучемъ падающимъ съ лучемъ преломленнымъ, попадающимъ въ глазъ, имѣетъ для каждаго цвѣта свое особое значеніе. Для лучей краснаго цвѣта онъ равенъ $42^1/_2$ градусамъ, для лучей фіолетовыхъ лишь $40^1/_2$. Поэтому въ радугѣ мы видимъ всѣ цвѣта, начиная съ краснаго, который расположенъ на наружной сторонѣ дуги, и кончая фіолетовымъ, расположеннымъ внутри ея; ширина радужной полосы равняется 2 градусамъ (то есть приблизительно въ четыре раза больше солнечнаго діаметра). Если продолжить прямую, соединяющую солнце съ мѣстомъ наблюденія, до пересѣченія ея съ небеснымъ сводомъ, то на немъ получится точка, занимающая положеніе прямо противоположное солнцу; отъ этой точки красный край радуги отстоитъ на $42^1/_2$ градуса. Такимъ образомъ, пока высота солнца надъ горизонтомъ будетъ больше $42^1/_2$ градусовъ, радуги увидать мы не можемъ. Зато, чѣмъ солнце будетъ ближе къ закату, тѣмъ больше будетъ радужная полоса; въ моментъ заката солнца радуга должна доходить своимъ верхнимъ краемъ почти до половины небеснаго свода. Если сила солнечныхъ лучей въ данный моментъ достаточно велика, можетъ получиться еще и вторая радуга, не столь яркая, какъ первая, съ обратнымъ расположеніемъ цвѣтовъ: въ этомъ случаѣ мы видимъ лучи, многократно отразившіеся въ дождевыхъ капляхъ (см. чертежъ ниже). Вторая радуга начинается на разстояніи 50 градусовъ отъ указанной нами точки, противоположной солнцу, и кончается на разстояніи $53^1/_2$ градусовъ отъ него. Стало быть, она шире первой. Множество великолѣпныхъ свѣтовыхъ атмосферныхъ явленій обязаны своимъ возникновеніемъ содержащейся въ воздухѣ влажности или находящимся въ немъ другимъ примѣсямъ (напр. вулканической пыли). Таковы явленія утренней и вечерней зари, явленіе Alpenglühen (сверканія Альпъ) и измѣняющейся, въ зависимости отъ степени влажности воздуха, синевы неба и т. п.



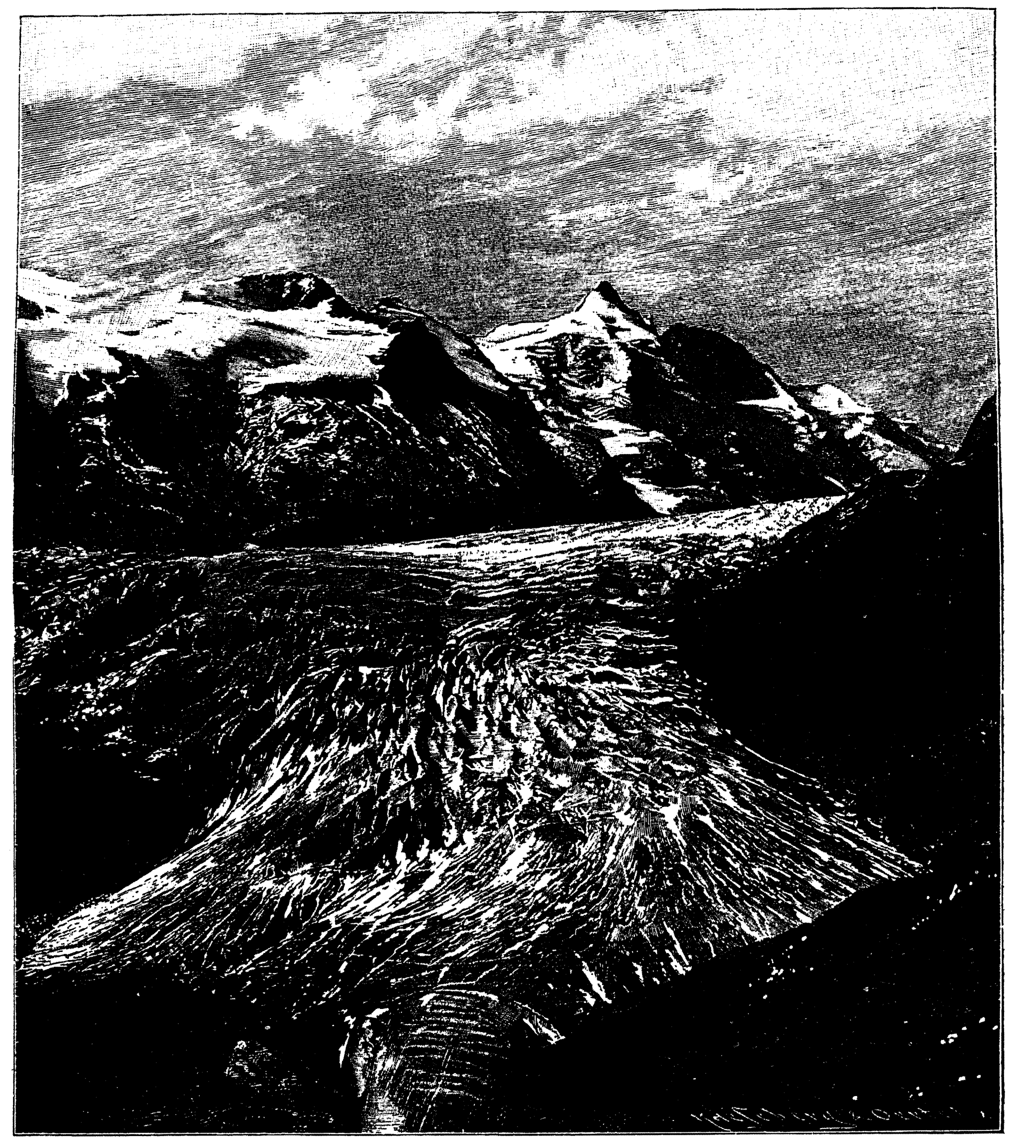
Ходъ свѣтового луча въ каплѣ воды при образованіи радуги. A Свѣтовой лучъ, попадающій въ каплю воды M въ моментъ нахожденія солнца на горизонтѣ, B лучъ краснаго цвѣта, выходящій изъ капли, составляющій съ горизонтомъ уголъ 42° 30′, CD горизонтъ.



Ходъ свѣтового луча, претерпѣвающаго въ водяной каплѣ многократное отраженіе. A лучъ входящій, B лучъ выходящій. См. текстъ выше.

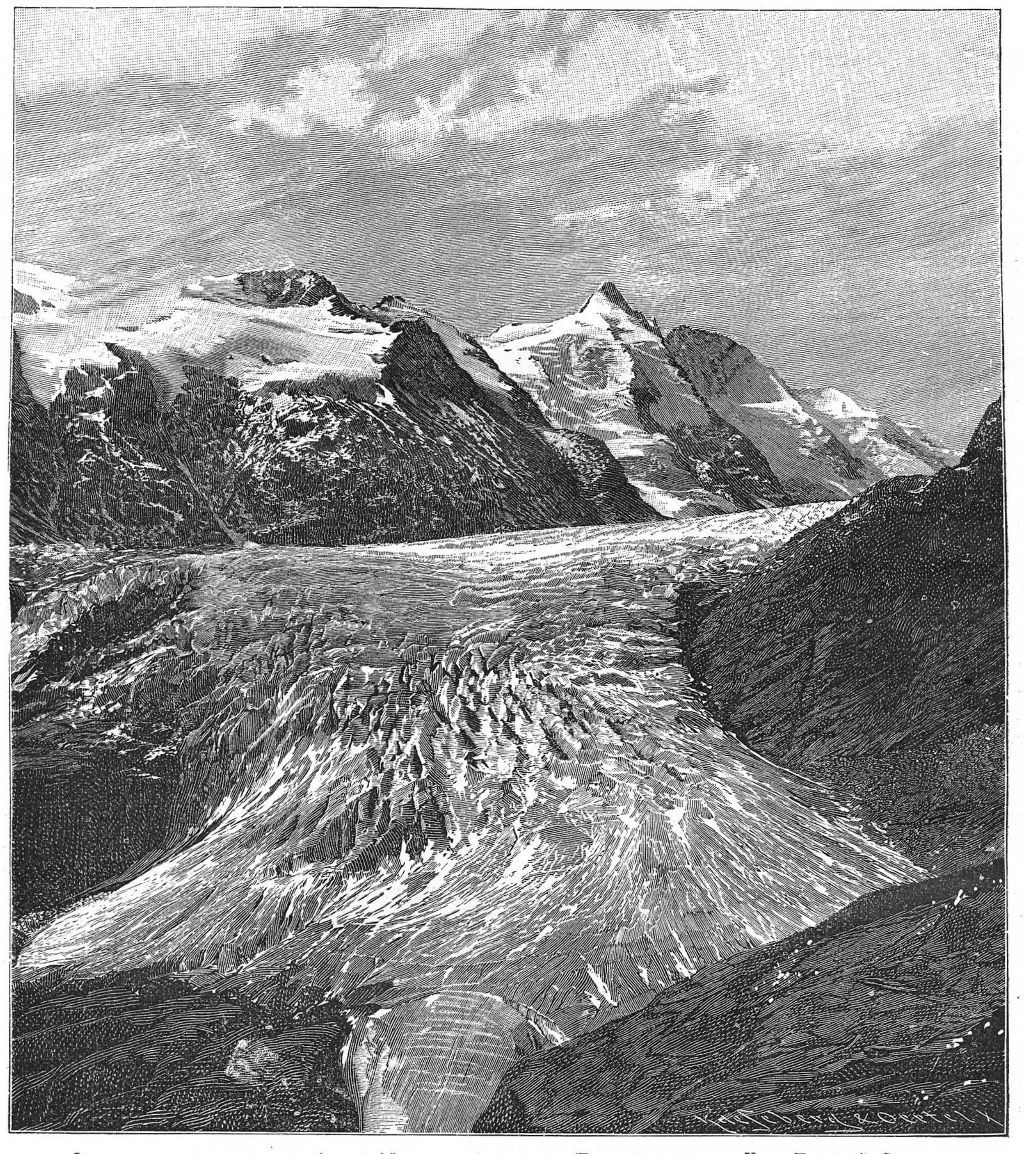
Въ верхнихъ слояхъ атмосферы ледяныя иглы образуются круглый годъ. Но само собой разумѣется, что снѣгъ у насъ на землѣ можетъ идти лишь тогда, когда весь промежутокъ между этими слоями и земной поверхностью имѣетъ достаточно низкую температуру. Въ противномъ случаѣ образовавшіеся на верху снѣжныя хлопья будутъ таять, не долетѣвъ до низу. Въ лѣтніе дни облака, состоящія изъ ледяныхъ иглъ, представляющіяся намъ въ формѣ cirrus (перистыхъ)

или барашковъ (cirro-cumulus перисто-кучевыхъ) и подымающіяся выше другихъ, подъ вліяніемъ сильныхъ воздушныхъ теченій въ верхнихъ слояхъ атмосферы, смѣшиваются съ облаками дождевыми. Если бы тотъ же процессъ воспроизвести у насъ въ лабораторіи, получилось бы свободное электричество, вызванное треніемъ воды о ледъ. Согласно новымъ воззрѣніямъ, въ этомъ процессѣ лежитъ объ-



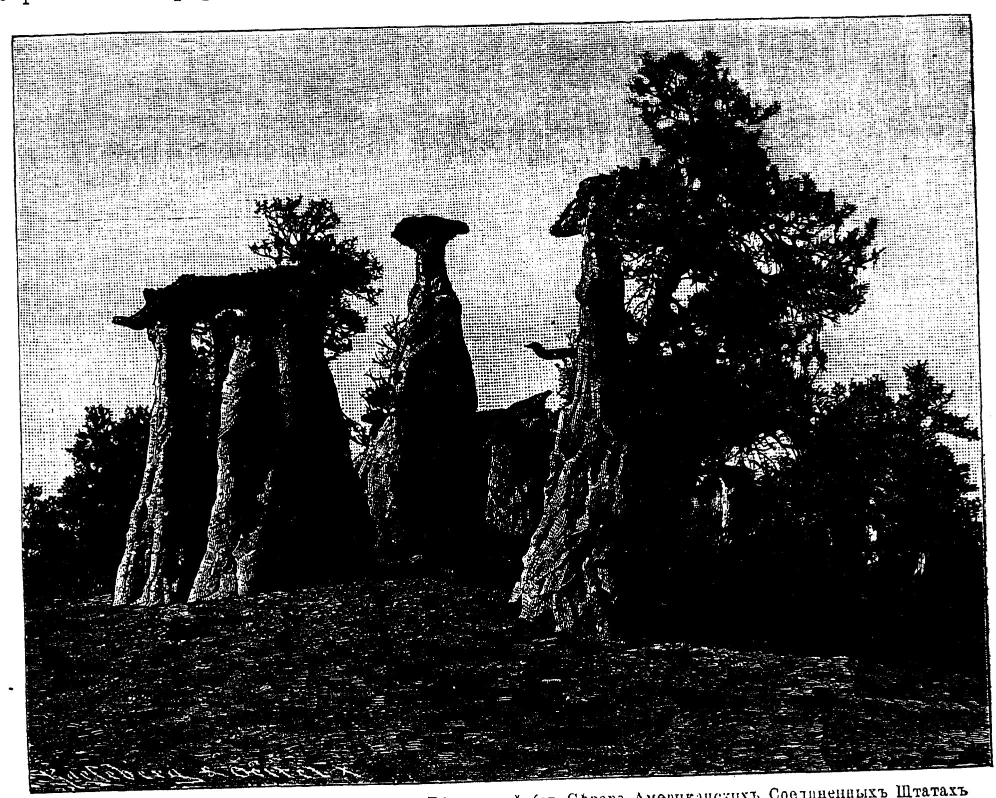
Фирнъ и глетчеръ въ Австрійскихъ Альпахъ (Гросглокнеръ. Изъ „Европы" Сиверса. См. текстъ, стр 627.

ясненіе образованія грозъ: впрочемъ, послѣднее слово по этому вопросу еще далеко не сказано. Снѣжныя хлопья могутъ перебрасываться отъ одного воздушнаго слоя къ другому: такіе слои неодинаково нагрѣты и наэлектризованы, и хлопья могутъ подскакивать тутъ подобно наэлектризованнымъ бузиновымъ шарикамъ (стр. 303); изъ такихъ снѣжныхъ хлопьевъ, тающихъ и вновь замерзающихъ, можетъ получиться „крупа" и градъ. Вода, которая подверглась подъ вліяніемъ солнечныхъ лучей дестилляціи и затѣмъ въ верхнихъ слояхъ даже выкристал-



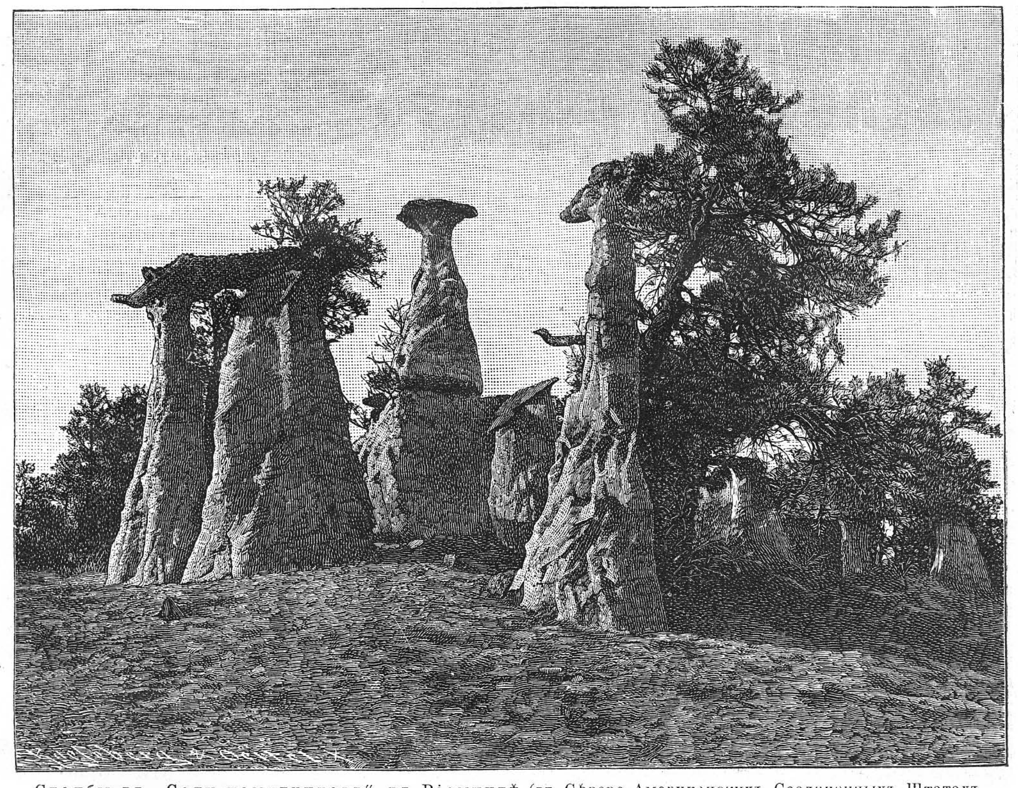
Фирнъ и глетчеръ въ Австрійскихъ Альпахъ (Гросглокнеръ. Изъ „Европы" Сиверса.
См. текстъ, стр 627.

лизовалась, настолько чиста, насколько только это возможно. Для потребленія организмами она даже слишкомъ чиста. Дождь, проникающій въ почву, вбираетъ тамъ тѣ минеральныя примѣси, которыя необходимы для растеній и дѣлаютъ нашу питьевую воду вкусной. На вершинахъ горъ снѣгъ собирается въ резервуарахъ, въ видѣ **фирновъ и глетчеровъ** (см. рис., стр. 626), которые даютъ въ лѣтніе не дождливые дни долинамъ, въ которыхъ созрѣваютъ идущія въ нашу пищу растенія, достаточное количество воды. Въ такихъ мѣстахъ мы не нуждаемся для этой цѣли въ облакахъ, которыя отнимаютъ отъ растеній солнечный свѣтъ. Такимъ образомъ въ природѣ мы повсюду встрѣчаемъ приспособленія, предназначенныя



Столбы въ „Саду памятниковъ", въ Віомингѣ (въ Сѣверо-Американскихъ Соединенныхъ Штатахъ
Изъ „Исторіи земли", Неймайра. См. текстъ, стр. 628

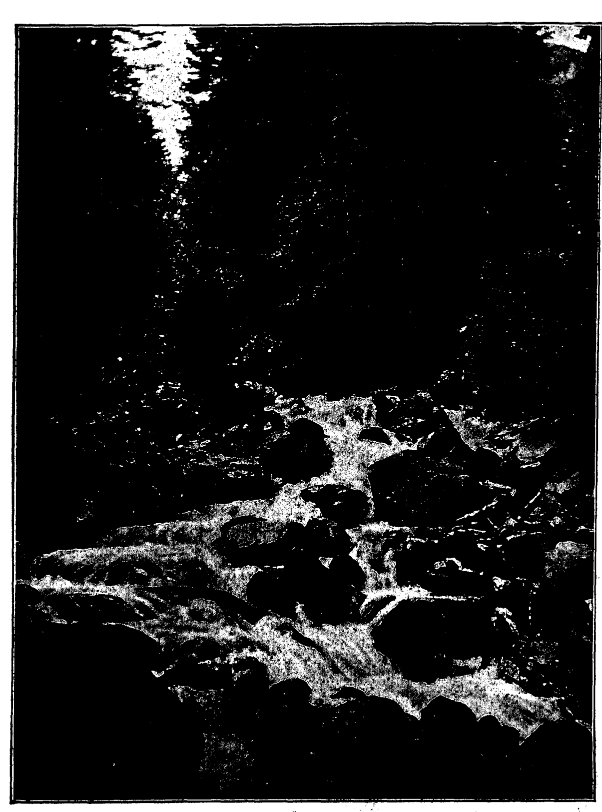
для регулировки тѣхъ или иныхъ процессовъ; изученіе этихъ приспособленій составляетъ для естествоиспытателя одну изъ наиболѣе занимательныхъ задачъ. Покрытыя снѣгами вершины высокихъ альпійскихъ горъ, сами по себѣ лишенныя жизни, изъ своего далека поддерживаютъ и украшаютъ нашу жизнь. Чѣмъ лучше погода, тѣмъ больше воды испаряется внизу; но эта убыль воды пополняется не дождями; сильнѣе плавится въ такую погоду снѣгъ въ фирнахъ, обильно питая милліонами потоковъ источники и рѣки. Поэтому разница въ уровняхъ зимнемъ и лѣтнемъ, въ большихъ потокахъ, источники которыхъ находятся въ высокихъ горахъ, значительно меньше, чѣмъ въ рѣкахъ, вытекающихъ изъ горъ средней высоты. Поэтому уровень воды въ Рейнѣ мѣняется меньше, чѣмъ въ Эльбѣ. Роскошная растительность прерій, поражающая нашъ глазъ весной, потому и выгораетъ лѣтомъ, что эти равнины не питаются рѣками, вытекающими изъ покрытыхъ фирнами горъ. Періодическія наводненія Нила являются результатомъ описанныхъ обстоятельствъ: въ верхнемъ теченіи его находятся обильные весной водой водопады, но, вслѣдствіе отсутствія тамъ высоко лежащихъ скопленій снѣга и глетчерныхъ льдовъ, лѣтомъ они лишаются своихъ водъ.



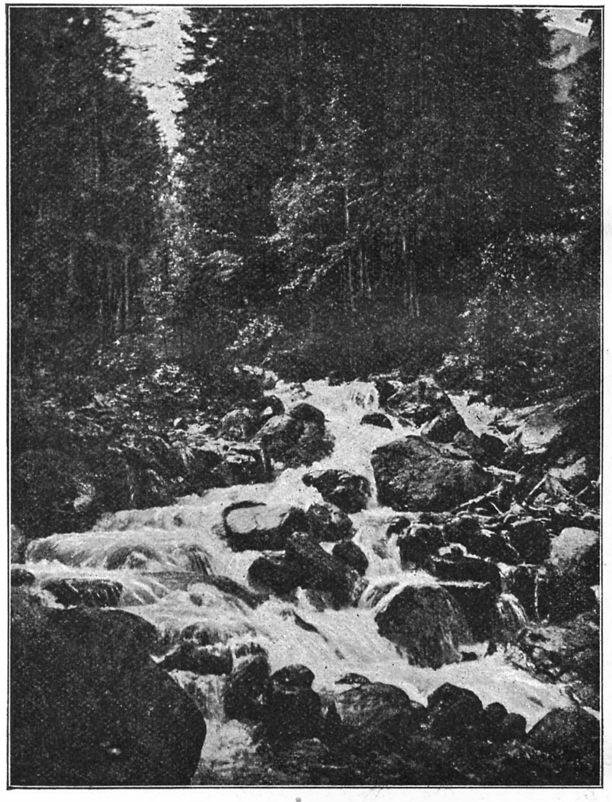
Столбы въ „Саду памятниковъ", въ Віомингѣ (въ Сѣверо-Американскихъ Соединенныхъ Штатахъ
Изъ „Исторіи земли", Неймайра. См. текстъ, стр. 628

Рѣки являются артеріями и венами земного организма. Въ верхнемъ своемъ теченіи онѣ являются проводниками чистой воды, доставляемой милліонами источниковъ и поступающіе снова въ жизненный круговоротъ; въ нижнемъ теченіи мы имѣемъ уже отработавшую воду; она поступаетъ въ колышащееся сердце, въ море, и тамъ, очистившись и возстановивъ свою силу, подымается подъ вліяніемъ дѣйствія солнечныхъ лучей вверхъ и разсѣевается по всѣмъ направленіямъ.

Но вода имѣетъ и другое назначеніе. Она уноситъ горныя породы на дно океана. Малѣйшая трещина, желобокъ можетъ стать русломъ ручья, по которому онъ будетъ скатывать въ долину камни. Всѣ альпійскія долины и ущелья, которыми мы такъ любуемся, за немногими исключеніями прорѣзаны въ горномъ массивѣ дѣйствіемъ воды и глетчеровъ ледниковаго періода. Даже потоки дождя могутъ съ теченіемъ времени унести значительныя количества рыхлой земли. Это прекрасно видно на земляныхъ столбахъ, нижнія части которыхъ были защищены отъ дѣйствія воды камнями, засѣвшими въ галькѣ. Вблизи Боцена, а также въ „Саду памятниковъ“ въ штатѣ Віомингъ (Сѣверная Америка) на огромномъ протяженіи торчатъ такіе земляные столбы, (см. рис., стр. 627); при мысли о тѣхъ огромныхъ массахъ земли, которыя долженъ былъ унести дождь, чтобы получились одни эти столбы, остается только удивляться. Когда, во время своихъ вакаціонныхъ лѣтнихъ прогулокъ въ горахъ, мы видимъ въ какомъ-нибудь горномъ ручьѣ большіе камни, намъ и въ голову не приходитъ, что эти огромныя глыбы снесены съ горъ внизъ той самой водой, которая теперь, пѣнясь, часто небольшимъ потокомъ, сбѣгаетъ внизъ, обходя эти камни (см. рис. выше). За то весной, когда снѣга вверху въ горахъ таютъ сильнѣе, эта нѣкогда кристаллически чистая водица превращается въ вздувшіеся дикіе потоки, и внизу часто слышатся глухіе раскаты грома и своеобразный шумъ, напоминающій непрерывный грохотъ отдаленныхъ орудій. Дикій потокъ увлекаетъ внизъ каменныя глыбы; онѣ, грохоча и дребезжа, ударяются другъ объ друга, такъ что на берегу у самаго края постоянно чувствуется легкое землетрясеніе. Въ море съ горъ свергается настоящій потокъ камней. Эта разрушительная дѣятельность воды начинается уже въ области снѣговъ. Вода проникаетъ въ тончайшія трещины и, расширяясь при замерзаніи, разрываетъ камни съ непреодолимой силой. Она продалбливаетъ самыя твердыя породы; каждая трещина съ теченіемъ времени сильно углубляется. Разрушающее дѣйствіе воды, разъѣдающей горныя породы (см. рисунокъ на стр. 629), становится все сильнѣе и сильнѣе; наконецъ, оно влечетъ за собой образованіе настоящей горной долины, которая раздѣляетъ уже цѣлыя цѣпи. Попадая въ рыхлые слои горныхъ породъ, она подмываетъ откосы, пока не про-

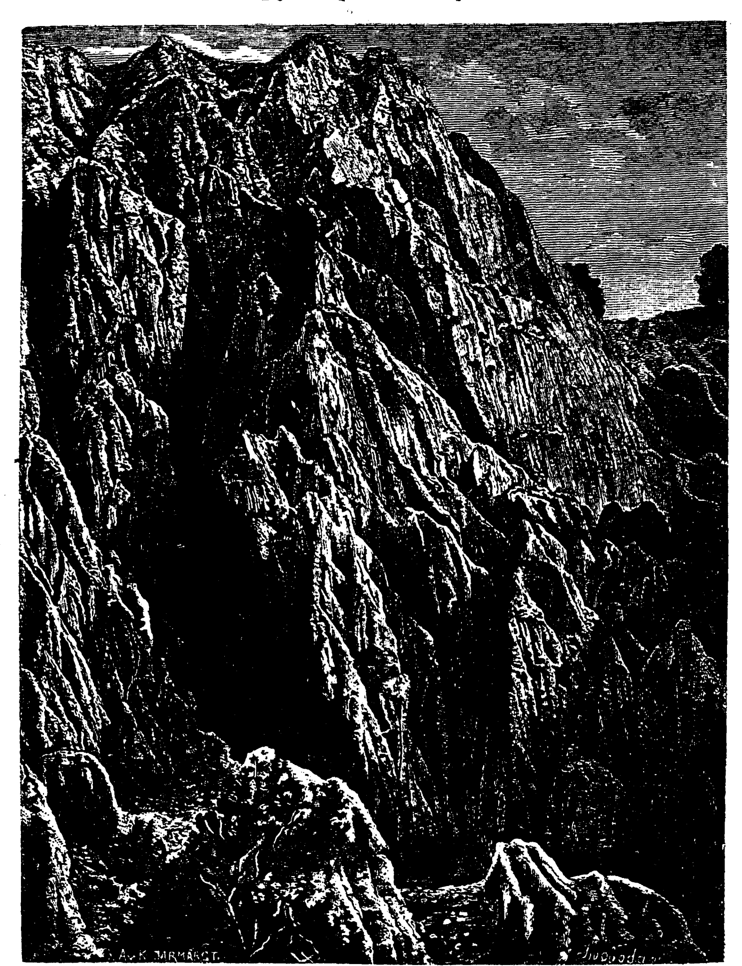


Переносъ каменныхъ глыбъ горнымъ ручьемъ.
Съ фотографіи. См. текстъ ниже.



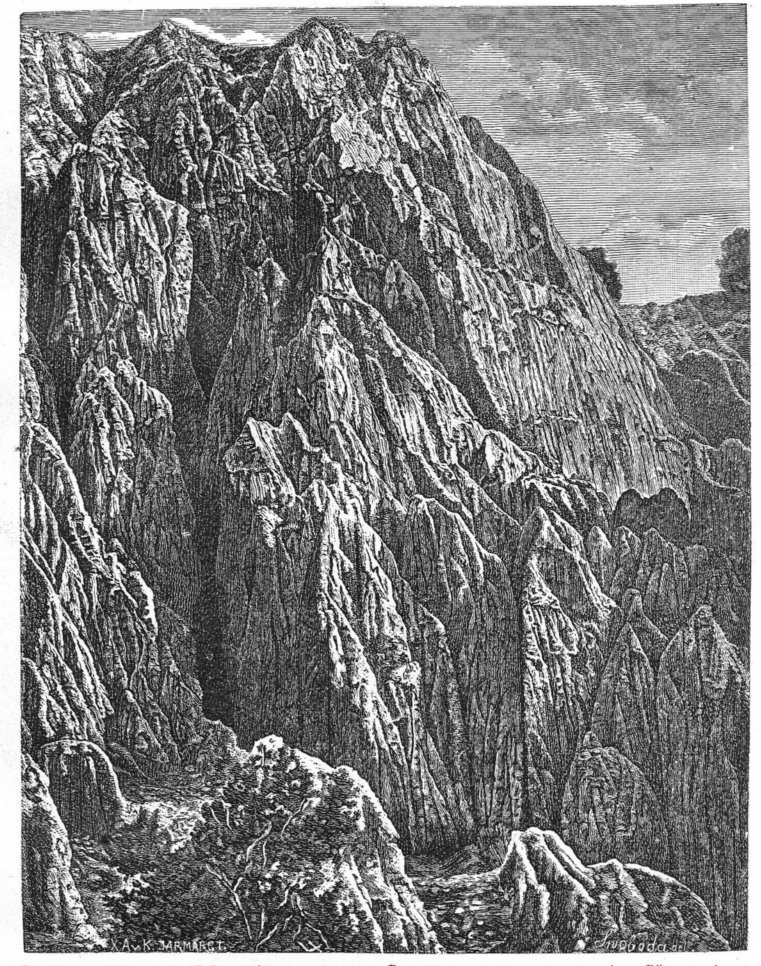
Переносъ каменныхъ глыбъ горнымъ ручьемъ.
Съ фотографіи. См. текстъ ниже.

изойдетъ несущій съ собой опустошеніе обвалъ, и размытыя части горы скатываются внизъ въ долину (см. рисунокъ на стр. 630). Вода можетъ уносить эти породы только внизъ; количество твердыхъ веществъ, переносимыхъ ею ежечасно изъ года въ годъ и отлагающихся уже въ теченіи многихъ милліоновъ лѣтъ на морскомъ днѣ, огромно. Тутъ покоятся остатки когда то пышной флоры и фауны, созданныхъ путемъ безчисленнаго ряда круговоротовъ, процвѣтавшихъ тамъ на верху подъ вліяніемъ вызвавшей ихъ къ существованію неистощимой энергіи солнца.



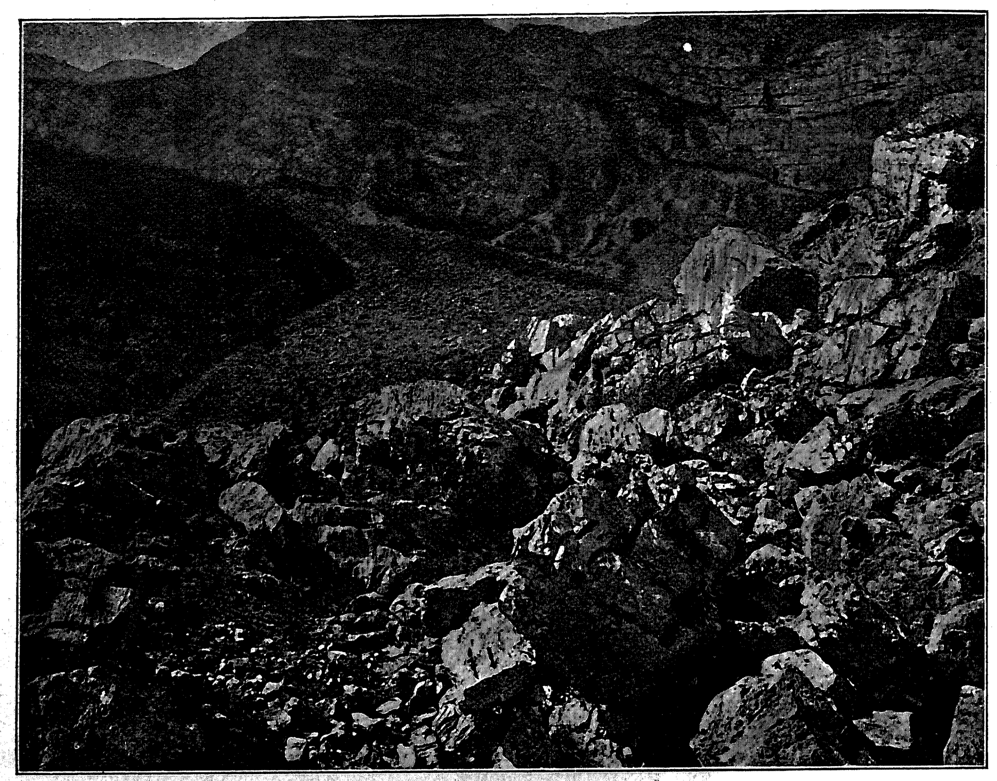
Размывающее дѣйствіе воды въ Скалистыхъ горахъ (въ Сѣверо-Американскихъ Соединенныхъ Штатахъ). Изъ „Исторіи земли“ Неймайра. См. текстъ, стр. 628.

Это разрушительное дѣйствіе воды составляетъ лишь второстепенную часть нѣкотораго болѣе значительнаго круговорота, который должно пройти вещество. Если бы, кромѣ этой разрушительной дѣятельности воды, не было другихъ созидающихъ, горообразующихъ процессовъ, то на землѣ давно не оставалось бы ни единой горы. Откуда же берутся тѣ гигантскія силы, которыя заставляютъ морское дно подыматься вверхъ, уходить въ облака. А между тѣмъ это такъ; правильность того, что мы только что сказали, подтверждается геологическими находками. На вершинахъ горъ, покрытыхъ снѣгомъ, мы находимъ такъ называемыя осадочныя породы, которыя нѣкогда, несомнѣнно, были отложены водой; въ нихъ мы находимъ остатки организмовъ, которые могли жить только въ морѣ. Надо замѣтить, что большинство наиболѣе высокихъ горъ большихъ горныхъ группъ состоитъ изъ ненапластованныхъ архейскихъ породъ, изъ гранита и изъ родственныхъ ему кристаллическихъ породъ, въ которыхъ не содержится никакихъ остатковъ живыхъ организмовъ. Предполагаютъ, что эти архейскія породы были первыми по времени отвердѣвшими частями коры, образовавшейся изъ расплавленной массы по мѣрѣ ея охлажденія. Но другіе думаютъ, что и эти породы состоятъ изъ осадочныхъ слоевъ, нѣкогда выкристаллизовавшихся изъ морей. Такъ или иначе эти породы восходятъ къ наиболѣе древнимъ періодамъ исторіи земли; на этихъ породахъ отложились уже всѣ остальные слои и формаціи, какіе различаютъ геологи. Теперь они встрѣчаются



Размывающее дѣйствіе воды въ Скалистыхъ горахъ (въ Сѣверо-Американскихъ Соединенныхъ Штатахъ). Изъ „Исторіи земли“ Неймайра. См. текстъ, стр. 628.

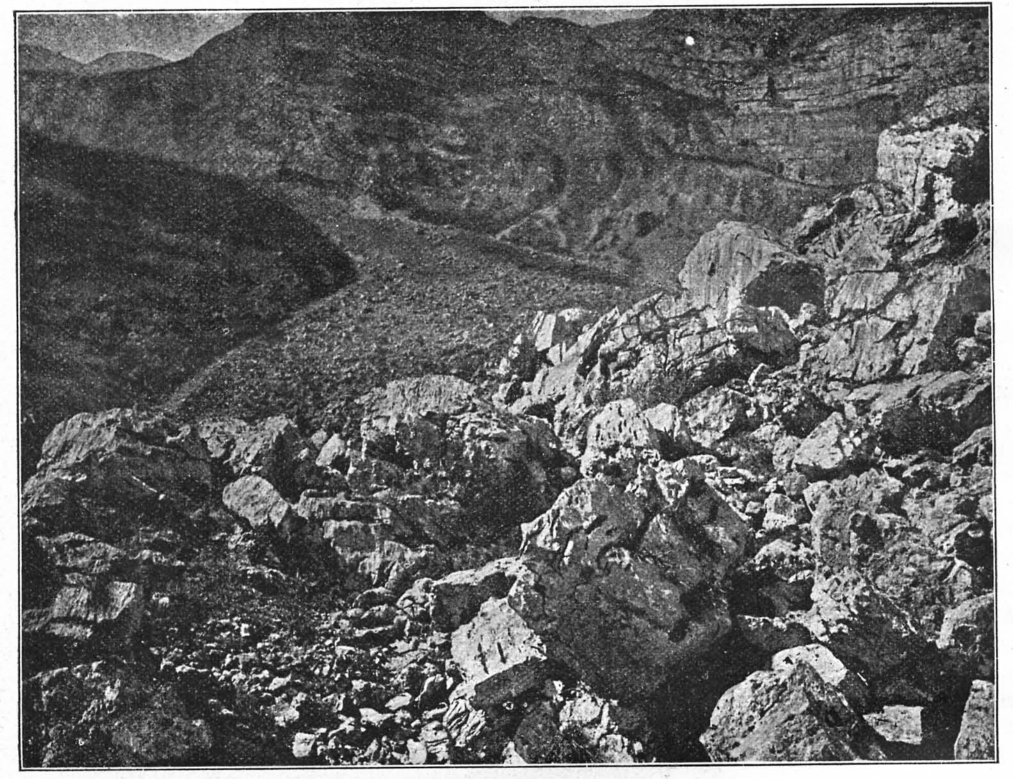
иногда на вершинахъ наиболѣе высокихъ горъ самыхъ мощныхъ горныхъ массивовъ. Мы видимъ по обѣимъ сторонамъ высящихся гранитныхъ массъ осадочныя породы, покрывшія сплошнымъ равномѣрнымъ слоемъ кристаллическія породы, но, въ силу общаго хода вещей, либо оторвались отъ гранитной массы и скатились по обѣ его стороны, либо были смыты водой, дѣйствовавшей на наиболѣе возвышенныя части гранитнаго выступа (см. черт. на стр. 631). Горныя породы, уже однажды подвергшіяся дѣйствію воды, имѣютъ болѣе рыхлое строеніе и потому гораздо легче уступаютъ напору, легче входятъ въ кругъ новаго круговорота, чѣмъ твердыя архейскія породы, съ которыми вода не можетъ справиться



Обвалъ. Съ фотографіи автора. См. текстъ, стр. 629.

долго; вслѣдствіе этого высокія горы могутъ служить лучшими резервуарами воды, нежели горы, не имѣющія ядра, состоящаго изъ архейскихъ породъ. Лишь тамъ, гдѣ къ размывающей силѣ воды присоединяется еще необычайно разрушительное дѣйствіе льда, съ которымъ мы познакомились уже раньше, претерпѣваютъ измѣненія и гранитныя скалы. Такъ образовались глубокія извилины норвежскихъ фіордовъ, происхожденіе которыхъ относится къ тому времени, когда тамъ былъ болѣе суровый климатъ, нежели теперь; во всѣхъ полярныхъ странахъ и не только въ нихъ, а также въ тѣхъ мѣстахъ, которыя нѣкогда входили въ область полярнаго круга, мы встрѣчаемъ фіорды (см. отдѣльн. приложеніе къ этой стр. „Фіордъ Согне, въ югозападной Норвегіи").

Но откуда берется сила, которая въ состояніи избороздить земную поверхность волнами, подобными тѣмъ, которыя подымаетъ на морѣ вѣтеръ. Уже для того, чтобы ввести воду, находящуюся въ морѣ, въ новый круговоротъ, необходимы, какъ мы видѣли, космическія силы; тѣмъ болѣе онѣ необходимы для того, чтобы привести въ движеніе твердую земную кору. Прежде видѣли причину этихъ измѣненій въ явленіяхъ вулканическихъ. По мѣрѣ постепеннаго охлажденія земной коры, оболочка нашей планеты для ея массы должна была



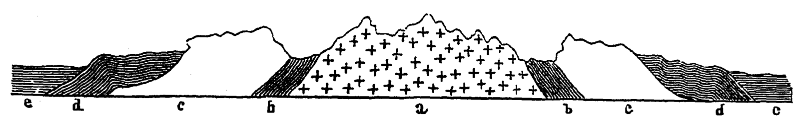
Обвалъ. Съ фотографіи автора. См. текстъ, стр. 629.

Т-во „Просвѣщеніе" въ Спб.

Фіордъ Согне въ юго-западной части Норвегіи.

становиться слишкомъ тѣсной. Въ ней образовывались, какъ то предполагала старая теорія, длинныя трещины, сквозь которыя должна была вытекать рѣка расплавленной лавы. Нахожденіе вулкановъ вдоль по такимъ „линіямъ прорыва“, величайшей изъ которыхъ является цѣпь Андъ, повидимому, подтверждала это воззрѣніе, но болѣе точныя изслѣдованія расположенія ихъ, а также другихъ условій, показали со всей несомнѣнностью, что вулканическія явленія въ этихъ мѣстахъ появлялись лишь впослѣдствіи; вулканы начинали тутъ дѣйствовать лишь тогда, когда борозды уже существовали; они являются не причиной этихъ „линій прорыва“, а ихъ слѣдствіемъ. Давленіе, которое воздвигло эти горы и образовало линіи прорыва, дѣйствовало не снизу вверхъ, а сбоку. Оно изломало первородныя сплавленныя другъ съ другомъ глыбы архейскихъ породъ, сдвинуло ихъ и нагромоздило однѣ на другія. Весь этотъ процессъ происходилъ въ большинствѣ случаевъ чрезвычайно медленно; онъ совершается еще и понынѣ на нашихъ глазахъ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ мы наблюдаемъ колебанія земли, обусловленныя во всякомъ случаѣ невулканическими сотрясеніями; таковъ, напримѣръ, Лайбахъ съ его извѣстной по землетрясеніямъ мѣстностью.

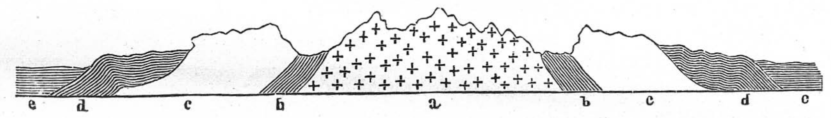
Силы, воздвигнувшія горы, тѣ самыя силы, которыя придали землѣ ея форму. Тяготѣніе, отводящее каждому камню то мѣсто, въ которомъ дѣйствующія на него силы другъ друга бы уравновѣшивали, въ то же время стремится придать землѣ такой видъ, чтобы поверхность ея была „поверхностью уровня“.



Схематическій разрѣзъ Альпъ. a — центральный поясъ кристаллическихъ породъ. b — поясъ сѣрыхъ ваккъ, cc — поясъ известняковъ, d — поясъ песчаниковъ, ee — равнина. Изъ „Исторіи земли“ Неймайра. См. текстъ, стр. 630.

Мы знаемъ, что для того, чтобы матерія, заключающаяся въ землѣ, сохраняла равновѣсіе, поверхность земли не должна имѣть шаровой формы, при которой всѣ части поверхности находились бы на одинаковомъ разстояніи отъ центра земли. Благодаря вращенію вокругъ оси, проходящей черезъ полюсы, земля принимаетъ другую форму, форму элипсоида вращенія, отношеніе осей котораго мы вычислили на стр. 53; мы нашли, что найденное нами число вполнѣ согласуется съ результатами прямыхъ измѣреній. Это отношеніе зависитъ отъ скорости вращенія земли, а стало быть, отъ продолжительности сутокъ. Но продолжительность сутокъ, вслѣдствіе воздѣйствій всякаго рода, должна только увеличиваться, потому что земля во вселенной не одна, а каждое вліяніе извнѣ должно тормозить ея движеніе. Благодаря этому, сжатіе ея уменьшается; слои, находящіеся на поверхности, непрерывно передвигаются по направленію къ полюсамъ; эти слои смѣщаются къ полюсамъ по обѣ стороны отъ экватора, но обусловливающая ихъ сила во всякомъ случаѣ сравнительно очень не велика: наблюденія показываютъ, что за послѣднихъ нѣсколько тысячелѣтій продолжительность сутокъ не увеличилась на сколько-нибудь замѣтную величину. Но въ то же время необходимо отмѣтить многія другія обстоятельства, нарушающія равновѣсіе земли. Земная ось, въ силу причинъ, до сихъ поръ неизвѣстныхъ, мѣняетъ свое положеніе въ земномъ сфероидѣ вполнѣ замѣтнымъ образомъ (перемѣщенія полюсовъ). Новѣйшія изслѣдованія показали, что перемѣщенія земной оси совершаются періодически и что весьма вѣроятно, что она движется при этомъ по нѣкоторой спирали, причемъ за нѣсколько тысячъ лѣтъ полюсъ передвигается на величину сравнительно уже не малую. Въ то же время, для возстановленія равновѣсія, должны извѣстнымъ образомъ перемѣститься колоссальныя массы матеріи, образующія вздутіе у экватора.

Но можетъ случиться и то, что эти перемѣщенія полюсовъ являются не причиной большихъ перемѣщеній матеріи на поверхности земли, а слѣдствіемъ ихъ. Теперь установлено совершенно точно, что земля отъ времени до времени пере-



Схематическій разрѣзъ Альпъ. а — центральный поясъ кристаллическихъ породъ. b — поясъ сѣрыхъ ваккъ, с с — поясъ известняковъ, d — поясъ песчаниковъ, е е — равнина. Изъ „Исторіи земли“ Неймайра. См. текстъ, стр. 630.

живала ледниковые періоды, появленіе которыхъ обусловливалось космическими причинами; въ это время вся сѣверная часть Европы была одѣта ледянымъ покровомъ, своей мощностью равнымъ по крайней мѣрѣ теперешнимъ гренландскимъ льдамъ. Поэтому въ такихъ областяхъ матерія скоплялась въ колоссальныхъ количествахъ; перемѣщеніе ихъ должно было нарушить равновѣсіе земли, и потому требовался извѣстный противовѣсъ этому дѣйствію. Цѣлый рядъ фактовъ говоритъ въ пользу того предположенія, что ледниковые періоды переживались поочередно то южнымъ, то сѣвернымъ полушаріемъ, что южное полушаріе, повидимому, теперь переживаетъ такого рода періодъ, для насъ же, живущихъ на сѣверномъ полушаріи, наступилъ періодъ промежуточный.

Такимъ образомъ для извѣстнаго полушарія наступленіе ледниковаго періода ознаменовывается особымъ накопленіемъ на немъ матеріи, причемъ для поддержанія равновѣсія между обоими полушаріями масса земли извѣстнымъ образомъ перераспредѣляется,

То полушаріе, которое переживаетъ въ извѣстный моментъ ледниковый періодъ передвигаетъ твердую массу, входящую въ составъ земли, на другое полушаріе, вода же, наоборотъ, скопляется все больше и больше именно въ этомъ первомъ полушаріи; такимъ образомъ первое болѣе богато водой, второе сушей, какъ это мы и видимъ теперь въ нашихъ полушаріяхъ.

Всѣ данныя говорятъ въ пользу того мнѣнія, что въ эпоху геологически весьма не давнюю, быть можетъ, даже близкую къ временамъ доисторическимъ, въ Индійскій океанъ погрузился большой материкъ, остатки котораго мы видимъ въ Остъ-индскихъ островахъ и Австраліи. Съ другой стороны, сѣверныя части Европы вышли изъ воды. Подтвержденіемъ достовѣрности такого процесса можетъ служить Скандинавія, въ которой при помощи измѣреній обнаружено равномѣрное поднятіе суши.

Во всѣхъ мѣстностяхъ, лежащихъ въ предѣлахъ арктическаго круга, террасовыя образованія настолько явственны, что въ постепенномъ временами прекращавшемся поднятіи суши нельзя и сомнѣваться (см. рисунокъ на стр. 633). Предъ нами тѣ великія перемѣщенія суши, которыя должны были произойти для того, чтобы противодѣйствовать всеуравнивающему дѣйствію воды. Оба полушарія, отдѣленныя экваторомъ, становились поочередно то полушаріями водными, то полушаріями суши. На одномъ изъ нихъ жизнь замолкла или значительно сокращала свои проявленія, на другомъ, гдѣ материкъ дѣлалъ все большія и большія завоеванія, жизнь на отдохнувшей свѣжей почвѣ распускалась все пышнѣе и пышнѣе. Жизнь, по мѣрѣ роста земли въ ту или другую сторону, медленно перемѣщалась въ томъ или другомъ направленіи; въ послѣдній разъ жизнь съ юга передвинулась на сѣверъ. Нѣтъ ничего невѣроятнаго въ томъ, что отправленныя въ настоящее время къ южному полюсу экспедиціи найдутъ подо льдомъ, который цѣлыми горами нагроможденъ надъ оставшимися частями материка антарктическаго круга, остатки той культуры, отъ которой одновременно ведутъ свое происхожденіе культуры египетская, индійская, китайская и культура инковъ. Племена, переселившіяся подъ угрозой надвигавшихся льдовъ на острова южнаго архипелага, по этому мосту передвинулись далѣе на сѣверъ, и это одушевлявшее ихъ неудержимое стремленіе въ сѣверныя страны можно подмѣтить еще и понынѣ.

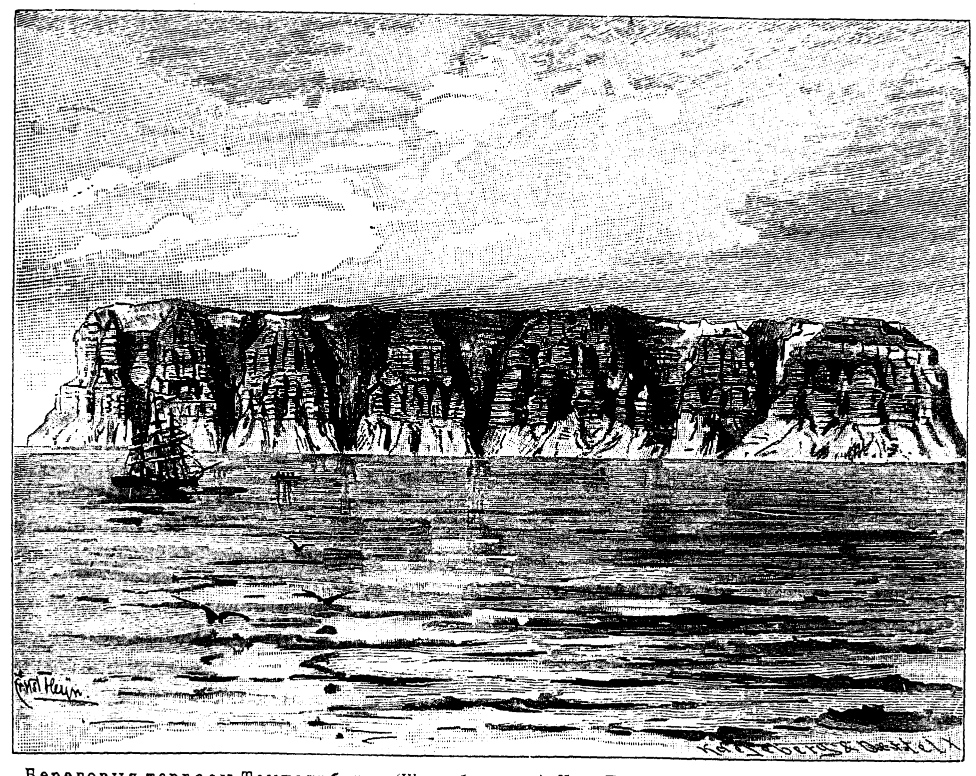
Итакъ, наряду со смѣнами временъ года, существуютъ еще другіе періоды, измѣряющіеся тысячелѣтіями, смѣняющіе другъ друга на каждомъ изъ обоихъ полушарій: при этомъ силы природы производятъ разнаго рода перемѣщенія въ массѣ земли, подобно пахарю, подымающему весной свою пашню, для того чтобы сдѣлать ее снова плодородной.

Причину смѣны ледниковыхъ періодовъ, по господствующимъ теперь воззрѣніямъ, надо видѣть въ явленіяхъ, такъ сказать, чисто астрономическихъ. Въ появленіи ихъ замѣшаны не только отношенія земли и солнца, которое, какъ мы видѣли, одно вліяетъ на тотъ или другой курсъ земного обихода, тутъ участвуютъ всѣ планеты нашей системы. Венера и Марсъ, а также далекіе старшіе

братья земли Юпитеръ и Сатурнъ, эти свѣтящіяся точки на небосводѣ, опредѣляютъ тѣ пути, по которымъ придется слѣдовать на землѣ живымъ существамъ въ теченіе грядущихъ тысячелѣтій для того, чтобы жизнь ихъ при измѣнившихся обстоятельствахъ все болѣе и болѣе крѣпла и развивалась.

Всѣ эти свѣтила принимаютъ участіе въ созиданіи и постоянномъ улучшеніи жизни нашей природы, равно какъ и земля, съ своей стороны, способствуетъ процвѣтанію другихъ міровъ, какъ бы разнообразны они ни были.

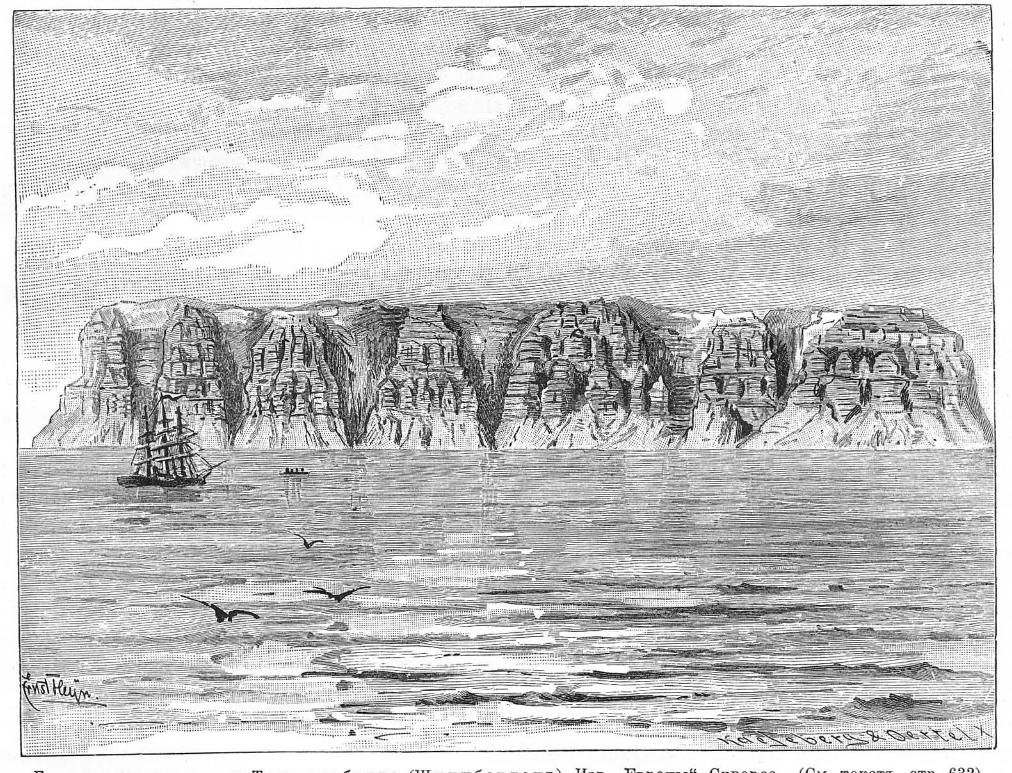
Если бы наша планетная система состояла только изъ солнца и земли, мы каждый годъ по одной и той же орбитѣ совершали бы одни и тѣ же обращенія



Береговыя террасы Темпельберга (Шпицбергенъ). Изъ „Европы" Сиверса. (См. текстъ, стр. 632).

вокругъ солнца, и отношеніе между временами года было бы на обоихъ полушаріяхъ всегда одно и то же. Но земля движется вокругъ солнца не по кривой орбитѣ, а по эллиптической; поэтому въ извѣстные моменты оба этихъ свѣтила бываютъ ближе другъ къ другу, нежели въ другое время года, а такъ какъ при этомъ притягательное дѣйствіе солнца усиливается, то скорость земли въ соотвѣтственномъ мѣстѣ ея орбиты должна увеличиваться. Ближе всего земля къ солнцу въ ея перигеліи, который приходится какъ разъ на начало года, стало быть, на то время, когда на нашемъ полушаріи зима. Благодаря тому, что земля въ это время къ солнцу нѣсколько ближе, извѣстнымъ образомъ смягчается и въ то же время укорачивается наша зима. Прямо противоположныя этому порядку явленія мы видимъ на полушаріи южномъ, гдѣ въ моментъ наименьшаго разстоянія между солнцемъ и землей бываетъ лѣто, а на моментѣ наибольшаго удаленія приходится зима. Вслѣдствіе этого зима у насъ коротка и мягка, на южномъ же полушаріи продолжительна и сурова. Этими то условіями и объясняется значительная разница въ климатахъ обоихъ полушарій: средняя температура одинаковыхъ широтъ разнится приблизительно на 10 градусовъ.

Но на землю вліяютъ всѣ ея спутники, и, благодаря этому, направленіе



Береговыя террасы Темпельберга (Шпицбергенъ). Изъ „Европы“ Сиверса. (См. текстъ, стр. 632).

кратчайшаго разстоянія между нами и центральнымъ свѣтиломъ само претерпѣваетъ извѣстныя измѣненія. Это движеніе носитъ названіе движенія линіи апсидъ; при помощи строгаго математическаго разсчета можно показать, что черезъ этотъ промежутокъ времени сѣверная половина земного шара, должна очутиться въ тѣхъ самыхъ условіяхъ, которыя сковали льдами южную (см. также другое сочиненіе автора: „Мірозданіе"). Такимъ образомъ ледниковые періоды должны возвращаться приблизительно спустя каждые 21000 лѣтъ. Въ теченіе этого промежутка времени должны происходить большія измѣненія въ уровнѣ океановъ, большія перемѣщенія суши, а жизнь должна передвигаться взадъ и впередъ съ одного полушарія на другое. Предъ нами картина огромнаго круговорота матеріи; этотъ круговоротъ подымаетъ морское дно наружу и дѣлаетъ его мѣстомъ дальнѣйшаго развитія жизни, тогда какъ на глубинѣ моря оно могло служить только общей могилой ея остатковъ. Эти непрекращающіяся перемѣщенія суши оказали свое дѣйствіе и на процессъ образованія горъ. Тамъ, гдѣ уже возвышались глыбы кристаллическихъ породъ, перемѣщающіяся по направленію къ полюсамъ земныя массы изогнулись, на подобіе морскихъ волнъ, и взгромоздились другъ на друга, какъ это случилось въ сравнительно не очень отдаленный третичный періодъ съ массивомъ Альпъ.

Та вода, которая, будучи въ свободномъ состояніи, дѣйствуетъ на горы разрушающимъ образомъ, обратившись подъ вліяніемъ холода въ камень, принимаетъ участіе въ процессѣ горообразованія. Предъ нами все болѣе и болѣе раскрываются тѣ удивительныя самодѣйствующія приспособленія, при помощи которыхъ природа обезпечиваетъ и поддерживаетъ свое существованіе.

Наряду съ сказаннымъ движеніемъ линіи апсидъ, перемѣщеніе суши обусловливается еще другими причинами космическаго происхожденія, которыя до сихъ поръ ускользаютъ отъ тогдашняго математическаго учета. Мы уже сказали, что въ этомъ смыслѣ дѣйствуетъ удлиненіе продолжительности времени обращенія земли вокругъ ея оси. Въ этомъ дѣйствіи участвуютъ, несомнѣнно метеоры, попадающіе къ намъ ежедневно въ огромныхъ количествахъ изъ мірового пространства; они увеличиваютъ массу земли которой земля сообщаетъ свое вращательное движеніе и тѣмъ сама себя тормозитъ. Величина этого дѣйствія, во всякомъ случаѣ, незначительна; но за періодъ въ нѣсколько тысячелѣтій возможны и другія столкновенія, столкновенія земли съ бо́льшими, нежели обыкновенные метеоры, массами, находящимися въ міровомъ пространствѣ; эти столкновенія, кромѣ приносимаго ими чисто мѣстнаго вреда, на землю и ея населеніе обыкновенно никакого вліянія не оказывающія, могутъ медленно измѣнять положеніе земной оси, а это должно повлечь за собой столь же медленное перемѣщеніе суши. Наблюдаемыя теперь перемѣщенія полюсовъ, быть можетъ, представляютъ собой остатки такихъ крупныхъ возмущеній. Возможно также, что земля нѣкогда имѣла другую болѣе близкую къ ней луну, которая на нее давно упала.

Эти столкновенія свѣтилъ случаются тѣмъ рѣже, чѣмъ самыя свѣтила больше; потому что большихъ свѣтилъ, какъ вообще большихъ тѣлъ, гораздо меньше, нежели тѣлъ малыхъ. Большое всегда состоитъ изъ многихъ меньшихъ частей. Столкновенія, пагубныя для жизни на свѣтилахъ, подобныхъ нашему, поэтому случаются чрезвычайно рѣдко; для безпрепятственнаго развитія ея отпущены, въ концѣ концовъ, весьма значительные періоды. Разумѣется, катастрофы возможны всюду; такая катастрофа можетъ неожиданно положить конецъ и нашей жизни. Несмотря на нахожденіе въ млечномъ пути и на небесномъ сводѣ цѣлыхъ милліоновъ звѣздъ,—новыхъ звѣздъ, появленіе которыхъ знаменуетъ одну изъ такихъ катастрофъ, можно насчитать сравнительно мало; чуть не одна звѣзда въ десять лѣтъ. Новая звѣзда въ созвѣздіи Персея, появившаяся въ концѣ февраля 1901 года, представляетъ собой одинъ изъ наиболѣе красивыхъ и интересныхъ случаевъ этого рода. Но можно указать цѣлый рядъ звѣздъ, которыя до такой катастрофы почти совсѣмъ не свѣтились или свѣтились очень слабо, послѣ же нея внезапно загорались яркимъ свѣтомъ, который сохранялся въ теченіе нѣсколь-

кихъ недѣль или мѣсяцевъ и потомъ медленно угасалъ; намъ никогда не приходится видѣть, чтобы яркія солнца, подобныя нашему, приходили въ столкновеніе или чтобы въ ихъ яркости можно было бы замѣтить внезапныя, продолжающіяся сколько-нибудь значительное время, указывающія на катастрофу измѣненія. Всѣ эти звѣзды уже давно были обречены на умираніе и, слѣдуя нисходящей кривой своего развитія, этими мощными процессами были скорѣе приведены къ неизбѣжному концу, за которымъ, быть можетъ, долженъ былъ наступить тѣмъ болѣе быстрый расцвѣтъ матеріи.

Въ старѣющихъ міровыхъ системахъ столкновенія должны происходить дѣйствительно чаще, нежели въ другихъ мѣстахъ, потому что составляющія ихъ планеты приближаются все болѣе и болѣе къ своему холодѣющему солнцу и, наконецъ, съ нимъ сталкиваются; тутъ происходитъ совершенно то же, что въ системахъ молекулярныхъ, гдѣ атомы мало-по-малу все болѣе и болѣе приближаются къ общему ихъ центру тяжести и, наконецъ, при пониженіи температуры до абсолютнаго нуля, приходятъ другъ съ другомъ въ тѣсное соприкосновеніе. На самой верхней ступени усложненія матеріальныхъ скопленій доступной еще нашимъ чувствамъ ступени небесныхъ свѣтилъ, обращенія планетъ вокругъ центра тяжести всѣхъ массъ системы равнозначущи той скрытой силѣ, которую на низшей ступени въ царствѣ атомовъ мы назвали потенціальной энергіей, или напряженіемъ.

Во внѣшнихъ воздѣйствіяхъ недостатка никогда не бываетъ; поэтому потенціальная энергія уменьшается, а число движущихся частей матеріи увеличивается. Если одно движущееся тѣло встрѣчается съ другимъ, обладающимъ меньшей скоростью и меньшей массой, то по столкновеніи оно можетъ увлечь его съ собой. Масса меньшаго тѣла пріобрѣтаетъ при этомъ большую скорость, по сравненію съ прежней, но въ такомъ же отношеніи уменьшается и скорость поступательнаго движенія первой массы: уменьшается скорость гораздо большаго числа частицъ. Такимъ образомъ система въ своей энергіи ничего не теряетъ; напротивъ того, какъ тѣло большее, она можетъ оказывать на окружающую матерію только болѣе сильное дѣйствіе, чѣмъ прежде. *Свѣтила растутъ какъ молекулы.*

Указаніе въ данномъ случаѣ аналогій между атомами и соотвѣтственными небесными свѣтилами, которыми мы пользовались на всемъ протяженіи этого сочиненія, было бы излишнимъ повтореніемъ. Мы видимъ, что спирали „круговоротовъ“ расширяются все сильнѣе. Отжившія міровыя системы, въ которыхъ всѣ планеты снова присоединились къ своимъ солнцамъ, въ которыхъ израсходована вся потенціальная энергія, становятся (разумѣется, въ масштабѣ той ступени, на которой эти скопленія матеріи находятся) своего рода оцѣпенѣвшими атомами; въ пространствѣ они движутся, они обладаютъ извѣстной кинетической энергіей, но располагать ею не могутъ. Обладая такимъ движеніемъ, это свѣтило-атомъ отправляется въ міровое пространство въ поиски за атомомъ себѣ подобнымъ, для того, чтобы вмѣстѣ съ нимъ образовать новую молекулу. Теперь начинается новый круговоротъ, неизбѣжно болѣе широкій, чѣмъ тотъ, который былъ пройденъ разсматриваемой нами матеріей раньше; въ своемъ развитіи эта система можетъ итти дальше, выше, нежели та меньшая, которая отжила свой вѣкъ. Мы свели всѣ явленія физическія и химическія, вообще говоря, всѣ явленія природы, на движенія нѣкоторыхъ матеріальныхъ единицъ, *поэтому на каждой высшей ступени мы должны найти также и всѣ явленія, извѣстныя намъ по прежнимъ ступенямъ.* Ничто не мѣшаетъ намъ предположить, что *въ ходѣ міровогo развитія* существуютъ *ступени, на которыхъ наши солнца являются атомами* и что при соотвѣтственнымъ образомъ приспособленной системѣ чувственныхъ аппаратовъ эти ступени производили бы такое же впечатлѣніе, какъ на насъ тотъ міръ, въ которомъ мы живемъ. Съ нашей точки зрѣнія, не будетъ ничего сверхъестественнаго или фантастическаго въ предположеніи, что весь млечный путь съ его милліонами матеріальныхъ точекъ, которыя мы называемъ солнцами, представляетъ собой лишь одну молекулу бѣлка, входящаго въ составъ того организма, одинъ атомъ котораго населяемъ мы. При допущеніи единства силъ природы въ строеніи и движеніяхъ обоихъ матеріаль-

ныхъ скопленій принципіальной разницы нѣтъ. Но не можемъ ли мы указать той ступени, на которой міръ долженъ окончиться? Отвѣтъ на этотъ вопросъ будетъ всегда выше нашихъ силъ, ступени мірового развитія восходятъ вверхъ, спускаются внизъ, но и тѣ и другія теряются въ безконечности. Мы видимъ и распознаемъ лишь тѣ немногія ступени, которымъ отвѣчаютъ устройство нашихъ органовъ чувствъ, наша нервная система, нашъ разумъ.

Какое счастье, что удалось узнать, что такія ступени существуютъ, что онѣ ведутъ вверхъ, только вверхъ!

Современные физики не вполнѣ охотно раздѣляютъ высказанное нами только что положеніе о непрерывномъ поступательномъ ходѣ усложненія матеріи. Со времени Клаузіуса, физики занимаются вопросомъ о такъ называемой энтропіи вселенной. Наряду съ неопровержимымъ положеніемъ, гласящимъ о неизмѣняемости наличной энергіи замкнутаго мірового комплекта, мы должны принимать въ разсчетъ еще другое положеніе: оба рода энергіи, съ которыми мы познакомились, напряженіе и живая сила, постоянно измѣняются, переходя изъ одной формы въ другую. Но этотъ переходъ можетъ совершаться только въ одномъ направленіи, а именно: во всякой системѣ, предоставленной самой себѣ, не подверженной извнѣ вліянію какихъ бы то ни было внѣшнихъ силъ, живая сила должна превратиться въ напряженіе. Но это напряженіе само по себѣ внѣшней работы производить не можетъ, и потому, разъ переходъ, совершавшійся въ указанномъ нами направленіи, законченъ, вся матерія этой системы становится неспособной къ какому бы то ни было развитію. Но такъ какъ, въ виду добытыхъ нами ранѣе свѣдѣній, это положеніе по отношенію къ каждой системѣ порознь неопровержимо, то оно сохраняетъ свою силу и въ примѣненіи ко всѣмъ существующимъ матеріальнымъ системамъ, взятымъ вмѣстѣ. Такого взгляда держались раньше, видя, что теплота, съ какой бы точки зрѣнія ея внутреннюю природу ни разсматривать, можетъ переходить только отъ болѣе теплаго тѣла къ болѣе холодному; такимъ образомъ, въ концѣ концовъ, теплота во всей вселенной должна распредѣлиться равномѣрно, и тогда всѣ физическія явленія, которыя представляютъ собой только различныя формы теплоты, прекратятся.

При тѣхъ же взглядахъ, которыхъ придерживаемся мы, говорить о сколько нибудь существенномъ отличіи одной формы энергіи отъ другой нельзя. Вращательныя движенія какой либо матеріальной точки въ какой бы то ни было системѣ, безразлично въ мірѣ ли молекулъ или небесныхъ свѣтилъ, не производятъ на окружающія тѣла никакого дѣйствія, кромѣ увеличенія притяженія массы центромъ системы, благодаря одному факту ея присутствія. Метеоръ, движущійся вокругъ солнца, обладаетъ, въ смыслѣ дѣйствія системы во внѣшнемъ пространствѣ,—если воспользоваться выраженіемъ, примѣняемымъ въ области молекулярныхъ движеній,—энергіей только скрытой. Но внутри указанныхъ предѣловъ, то есть тамъ, гдѣ любая часть его замкнутой орбиты представляется прямой линіей, другими словами, по отношенію къ тѣмъ скопленіямъ матеріи, которыя на лѣстницѣ поступательнаго хода природы стоятъ ступенью ниже, эта потенціальная (для мірового пространства) энергія носитъ характеръ энергіи кинетической: метеоръ попадаетъ въ нашу атмосферу и вызываетъ въ ней сильныя тепловыя колебанія. Такимъ образомъ, если принимать во вниманіе все великое цѣлое, то между обоими родами энергіи не будетъ никакой разницы.

Первичные атомы, еще не претерпѣвшіе никакихъ столкновеній съ другими первичными атомами, обладаютъ одной живой силой. Чѣмъ больше такихъ первичныхъ атомовъ собирается вмѣстѣ, чѣмъ болѣе совершенныя системы они образуютъ, тѣмъ болѣе переходитъ живой силы въ такъ называемое напряженіе, которое состоитъ во вращательномъ движеніи отдѣльныхъ частей системы вокругъ ихъ общаго центра. Но постепенно должно ослабѣвать и это движеніе: движеній безъ сопротивленія нигдѣ въ мірѣ не бываетъ, потому что системъ совершенно изолированныхъ нѣтъ. Когда всѣ матеріальные элементы системы соединятся, движеніе внутри этой системы обратится въ нуль. Бывшая молекула или солнечная система обладаетъ однако еще нѣкоторымъ поступательнымъ движеніемъ,

которое позволяетъ ей прійти въ столкновеніе съ другой системой; остающаяся въ ней кинетическая энергія отчасти переходитъ въ напряженіе, въ нѣкоторое вращательное движеніе, которое снова убываетъ до полнаго прекращенія, и такъ далѣе. Элементы матеріи становятся все крупнѣе и крупнѣе, движенія же ихъ зато все тише и тише. Такимъ образомъ наши соображенія привели насъ къ выводамъ, вполнѣ согласующимся съ представленіемъ о постоянномъ приростѣ „энтропіи", въ чемъ въ сущности мы и не сомнѣвались.

Сдѣлаемъ еще шагъ впередъ, допустивъ постепенное уничтоженіе тѣхъ напряженій, въ которыя постоянно переходятъ живыя силы. Но и предполагаемая нами послѣдовательность въ развитіи не устраняетъ трудностей. Живая сила, которой обладаетъ каждый отдѣльный первичный атомъ не безконечно велика, потому что вызываемыя ею дѣйствія конечны, она непрерывно уменьшается, поэтому спустя опредѣленный конечный промежутокъ времени, она должна совершенно уничтожиться. Первичные атомы, проходя черезъ различныя степени усложненія матеріи, все въ большихъ и большихъ количествахъ входятъ въ составъ міровыхъ тѣлъ.

Атомъ водорода, охлажденный до температуры, отличающейся отъ обсолютнаго нуля на нѣсколько десятковъ градусовъ, обладаетъ совершенно незначительнымъ собственнымъ движеніемъ, потому что при этой температурѣ водородъ находится въ жидкомъ состояніи, незначительна и кинетическая энергія его ударовъ о сосудъ, въ которомъ это вещество находится. Но сосудъ вмѣстѣ съ землей движется въ міровомъ пространствѣ. Такимъ образомъ такой атомъ по отношенію къ какой-либо неподвижной точкѣ въ наибольшей изъ системъ, которую только мы въ состояніи себѣ вообразить, будетъ перемѣщаться со скоростью въ нѣсколько десятковъ или сотенъ километровъ въ секунду, между тѣмъ какъ составленный, по нашему допущенію, изъ первичныхъ атомовъ, онъ долженъ бы имѣть скорость, равную, по меньшей мѣрѣ, скорости свѣта, то есть 300.000 км. Поэтому онъ входитъ въ составъ нашей земли и поддерживаетъ на ней жизнь; для этихъ цѣлей такія относительныя скорости именно и требуются.

Но на смѣну этимъ связаннымъ первичнымъ атомамъ изъ мірового пространства со всѣхъ сторонъ летятъ къ намъ новые, надѣленные тѣми же огромными кинетическими энергіями. Поскольку мы въ состояніи прослѣдить устройство механизма вселенной, поскольку наши телескопы позволяютъ глазу проникнуть въ міровое пространство, ни численность ихъ, ни ихъ сила, отъ которыхъ непосредственно зависятъ всѣ движенія небесныхъ свѣтилъ, испускаемый ими свѣтъ и всѣ вообще свойства матеріи, не претерпѣваютъ никакихъ измѣненій. Число такихъ атомовъ, если допустить, что время не имѣетъ начала, надо признать, по истинѣ, безконечно большимъ. Энтропія природы еще не достигла своего максимума; и потому она никогда его не достигнетъ.

Законъ сохраненія энергіи, въ концѣ концовъ, опирается также на эту вѣчную неизмѣнность числа и силы первичныхъ атомовъ. Матерія, которая не движется, не обладаетъ силой и не имѣетъ никакихъ свойствъ. Такимъ образомъ, если бы число или скорость этихъ первичныхъ атомовъ сколько-нибудь измѣнились, то измѣнились бы вмѣстѣ съ тѣмъ и всѣ свойства матеріи, въ частности же тѣ суммирующіяся дѣйствія, которыя только мы и видимъ. Поэтому совершенно неправильны заявленія (слышать ихъ приходится часто), что изъ закона сохраненія энергіи вытекаетъ неизбѣжно постоянство количества энергіи во вселенной; выходитъ, что безконечно большая величина есть величина постоянная. Неправы также и тѣ, которые, отправляясь отъ совершенно вѣрнаго предположенія относительно неизбѣжности полнаго оцѣпѣненія конечной части вселенной, выдѣленной изъ всего остального безконечно большого пространства, утверждаютъ, что та же участь ждетъ и цѣлое. Предположеніе объ изолированіи какого бы то ни было комплекса матеріи противорѣчитъ всему нашему знанію; въ природѣ между всѣми ея частями существуетъ нигдѣ не порывающаяся связь; всю потерянную энерію мы тотчасъ же получаемъ обратно изъ неисчерпаемаго безконечнаго. Ту всеуравнивающую

дѣятельность природы, которую мы повсюду наблюдали въ сравнительно узкихъ, болѣе доступныхъ нашему изслѣдованію предѣлахъ, мы видимъ и во всей безконечной вселенной.

Мы видимъ, что, начиная съ центральнаго удара двухъ первичныхъ атомовъ, уничтожающаго всю ихъ энергію, но обращающаго ихъ въ тѣло большихъ размѣровъ, которое вмѣсто того, чтобы передавать дальше силу, обращается въ строительный матеріалъ и подвергается само дѣйствію другихъ силъ, и далѣе совершающійся вокругъ насъ процессъ сводится къ постоянному увеличенію размѣровъ находящихся въ небесномъ пространствѣ тѣлъ. Строеніе этихъ тѣлъ пріобрѣтаетъ все болѣе и болѣе совершенныя формы. Тѣла могутъ только расти, и этотъ ростъ достигается не прямо, а, такъ сказать, волнообразно. Раздроблено какое-нибудь тѣло можетъ быть только другимъ большимъ тѣломъ, при чемъ въ этомъ случаѣ своими частями оно увеличиваетъ массу этого послѣдняго. Все выше и выше поднимается то основаніе, на которое опирается дальнѣйшее развитіе. Изъ атомовъ слагаются небесныя свѣтила, небесныя свѣтила въ свою очередь становятся атомами болѣе высокаго порядка. Конца нѣтъ. Конечны только наши чувства.

Указатель.
